This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

University of Wisconsin
LIBRARY
Class SVM
Book .F61

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

TRAVAUX PUBLICS

PORTS MARITIMES ET FLUVIAUX

A l'Exposition Universelle de 1889

Digitized by Google

PARIS. — IMPRIMERIE E. BERNARD ET Cie

23, RUE DES GRANDS-AUGUSTINS, 23

Digitized by Google

TRAVAUX PUBLICS

PORTS MARITIMES & FLUVIAUX

A L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889

PAR

A. FLAMANT

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES

(Extrait de la Revue Technique de l'Exposition Universelle de 1889)

PARIS

E. BERNARD ET Cie, IMPRIMEURS-EDITEURS

53bis, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS

1893

Digitized by Google

Digitized by Google

44943
MAR 16 1898
SVM
F61
5508851

TROISIÈME PARTIE

LES TRAVAUX PUBLICS

CANAUX, PORTS MARITIMES & FLUVIAUX

PAR

M. FLAMANT

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES

ASCENSEURS HYDRAULIQUES des Fontinettes et de la Louvière

Lorsque l'on établit des canaux de navigation dans des régions accidentées on peut être obligé de faire franchir aux bateaux de grandes dénivellations sur un faible parcours ; les écluses à sas superposées ont été pendant longtemps le seul moyen employé pour résoudre le problème.

Mais cette solution primitive offre beaucoup d'inconvénients : le passage des bateaux dans ce groupe d'écluses demande beaucoup de temps et exige une grande consommation d'eau, de sorte que si la fréquentation du canal est suffisamment grande, ce système devient inapplicable et il faut en chercher un autre.

On peut, comme on l'a fait en France au canal du Centre, conserver la forme ordinaire des écluses à sas et augmenter leur chute. La durée de l'éclusage se trouve alors réduite dans de grandes proportions, et ce système n'offre guère de prise aux critiques qu'au point de vue de la consommation d'eau, qui reste aussi grande qu'auparavant.

Cet inconvénient de la grande dépense d'eau disparaît par l'emploi des plans inclinés et des ascenseurs hydrauliques. Ces derniers appareils sont peut être les

Digitized by Google

plus remarquables, et ils sont d'invention toute récente, puisque, à notre connaissance, il n'en existe que trois en fonctionnement, à l'heure actuelle dans toute l'Europe, savoir :

Celui d'Anderton en Angleterre,

Celui des Fontinettes en France,

Et enfin celui de la Louvière en Belgique.

La description de ces deux derniers ascenseurs va faire l'objet de cette note.

L'ascenseur des Fontinettes, sur le canal de Neufossé, a été construit de 1883 à 1887 ; celui de la Louvière, sur le canal du centre belge, de 1885 à 1888. Ces appareils ingénieux ont complètement résolu le problème de l'élévation, à une hauteur d'une quinzaine de mètres, d'un bateau chargé de 300 à 400 tonnes.

L'avant-projet des deux ascenseurs a été dressé par MM. L. Clark, Standfield et Edwin Clark ; ce dernier est l'auteur du projet du premier ascenseur hydraulique pour bateaux, établi à Anderton, en Angleterre.

L'ascenseur de la Louvière a été exécuté sous la direction de l'Administration des ponts et chaussées de l'État belge ; la Société Cokerill avait l'entreprise de la partie métallique.

L'ascenseur des Fontinettes a été exécuté sous la direction de l'Administration des ponts et chaussées de France.

La partie métallique de l'ascenseur des Fontinettes a été exécutée par la maison Cail, qui avait confié les études et les travaux à son ingénieur en chef, M. Brunet.

M. Gruson, ingénieur en chef des ponts et chaussées, et M. Cètre, ingénieur ordinaire, ont dirigé les travaux.

Comme le principe de ces deux ascenseurs est le même, et qu'ils ne diffèrent que dans les détails, la description peut en être faite simultanément, après quelques indications particulières sur la situation de chacun d'eux.

L'ascenseur des Fontinettes est construit à côté de l'écluse du même nom. Cette écluse se compose de cinq sas superposés rachetant ensemble une chute de $13^m,13$. Ces sas n'ont qu'une longueur utile de $34^m,80$ à $35^m,10$, et ne peuvent par conséquent livrer passage aux bateaux de $38^m,50$, déplaçant 300 tonnes.

On a creusé une dérivation parallèle à l'écluse sur la rive droite du canal. Le plafond de cette dérivation, dont la largeur est de $17^m,95$, est réglé à $2^m,20$ au dessous du plan d'eau.

Au point où la dérivation passe du déblai au remblai est placé une écluse de garde de 6 mètres d'ouverture. Un pont canal métallique à deux voies indépendantes, de $20^m,80$ de portée et de même largeur que les sas, permet de franchir le chemin de fer de Boulogne à Saint-Omer qui passe en cet endroit. Les sas, amenés à leur position supérieure, sont dans le prolongement immédiat du pont-canal. Le raccordement avec le bief d'aval s'opère, au sortir de la cale sèche, par un simple élargissement du canal.

Digitized by Google

L'ascenseur de la Louvière est le premier construit d'un groupe de quatre ascenseurs nécessaires à l'achèvement du canal du Centre belge, entre la Louvière et Thieu, sur une longueur de 7 kilomètres, et rachetant ensemble une chute de $66^{m},96$; celui de la Louvière rachète une chute moyenne de $15^{m},397$.

Le canal du Centre est destiné à relier le canal de Mons à Condé a celui de Charleroi à Bruxelles. La différence de niveau a racheter sur un faible parcours et la difficulté d'alimentation du canal ont fait renoncer aux écluses à sas et adopter de grands ascenseurs pouvant contenir des bateaux de $39^{m},10$ de longueur (y compris le gouvernail) de 5 mètres de largeur, d'un tirant d'eau maximum de $2^{m},10$ et déplaçant 360 tonnes. Deux aqueducs de $10^{m},80$ de portée et de même largeur que les sas sont établis entre l'ascenseur proprement dit et le bief amont. A l'aval existent deux raccordements métalliques de 3 mètres de longueur.

Principes du fonctionnement des ascenseurs

Chacun des deux ascenseurs se compose de deux caissons métalliques de mêmes dimensions, contenant de l'eau, supportés par deux pistons qui plongent dans des cylindres de presses hydrauliques. Les deux presses communiquent par une conduite munie d'une vanne qui sert soit à les isoler l'un de l'autre, soit à les faire communiquer ensemble.

Les caissons sont de véritables sas mobiles dans lesquels on peut amener les bateaux qui ont à franchir la dénivellation. Le poids d'un sas étant le même, qu'il contienne ou non un bateau, pourvu que le niveau de l'eau n'y varie pas, l'ensemble du système forme une balance hydraulique, et un léger excès d'eau dans l'un des sas détermine la descente de ce sas et l'ascension de l'autre, lorsque l'on ouvre la vanne de communication.

Sas mobiles

Aux Fontinettes, les sas sont distants de $12^{m},15$ d'axe en axe ; la longueur totale d'un sas est de $40^{m},35$ et sa longueur utile de $39^{m},50$. Il est formé de deux poutres à âme pleine, en forme de double T dont l'espacement d'axe en axe est $5^{m},60$. L'épaisseur de l'âme est de 15 millimètres. Les plates bandes ont 400 millimètres de largeur, et les dimensions des cornières sont $130 \times 130 \times 13$.

Les poutres sont à hauteur variable. La plate bande supérieure est horizontale. Leur plate-bande inférieure est horizontale aussi sur une longueur de 3 m. au milieu de la portée des poutres. En cet endroit la hauteur d'une poutre est de $5^{m},50$. De part et d'autre, la plate-bande inférieure s'incline, en sorte qu'aux abouts d'un sas la hauteur des poutres n'est que de $3^{m},50$.

Digitized by Google

Les poutres sont reliées par des poutrelles en forme de double T, formées d'une âme de 525 $\times$ 8 et de 4 cornières de 80 $\times$ 80 $\times$ 10, entretoisés par 3 cours de longerons de 400 millimètres de hauteur, à treillis, sur lesquels est rivé un bordé étanche de 10 millimètres d'épaisseur. Ce bordé forme le fond du sas, qui se trouve à $2^m,57$ au-dessous du niveau de la plate-bande supérieure. Le mouillage normal dans le sas est de $2^m,10$.

Les poutrelles et les longerons sont remplacés, au droit de la tête du piston qui supporte le sas, par quatre sommiers en double T à âme pleine, de $1^m,500$ de hauteur, avec cornières de $\frac{120 \times 120}{12}$. Ces sommiers, espacés de 1 mètre sont fortement entretoisés par d'autres fers à double T de mêmes dimensions générales, mais à treillis.

C'est par l'intermédiaire de ces fortes pièces que le sas repose sur la tête de son piston, élargie au moyen de fortes nervures et présentant la forme d'un rectangle de $3^m,45$ sur $3^m,10$. (Voir les planches de l'atlas.)

Au niveau normal de la flottaison, sur les parois intérieures du sas, sont boulonnées des lisses en chêne de 25 $\times$ 20, destinées à amortir les chocs des bateaux sur les plate-bandes.

On vient de voir qu'aux Fontinettes les poutres forment les parois latérales du sas ; à la Louvière il n'en est pas ainsi ; les poutres sont indépendantes du sas qu'elles supportent.

Les sas sont distants de $3^m,85$ d'axe en axe ; la longueur totale d'un sas est de 43 mètres, de façon qu'il puisse recevoir des bateaux mesurant $39^m,10$ avec leur gouvernail. (Voir les planches.)

Les deux poutres à treillis sont du système Linville. Leur hauteur maximum, en leur milieu, est de 6 mètres et leur hauteur minimum aux extrémités, est de 4 mètres ; leur espacement d'axe en axe est de $6^m,496$. Le sas s'appuie sur la tête du piston qui présente la forme d'un carré de $3^m,20$ de côté par l'intermédiaire de 4 sommiers en fer à double T, formés d'une âme de $1^m,50$ de hauteur et de 25 millimètres d'épaisseur, de 4 cornières de $\frac{150 \times 150}{16}$ et de plate-bandes formées de 3 tôles de 500 $\times$ 15.

Ces sommiers sont espacés de $0^m,933$ d'axe en axe et sont assemblés aux poutres par des poteaux montants de même espacement.

De part et d'autre de ce système central les poteaux montants sont espacés de $2^m,50$ d'axe en axe. Tous les poteaux montants sont des fers à double T formés par une âme de 600 $\times$ 15, des cornières de $\frac{120 \times 120}{12}$ et des plate-bandes variant de 300 $\times$ 15 à 400 $\times$ 15. Ils sont assemblés par des goussets aux portions pleines des doubles âmes de la poutre dont ils font partie. Les cornières des poutres ont $\frac{120 \times 120}{12}$ leurs plates-bandes sont des tôles de 900 $\times$ 12 en nombre variable.

Digitized by Google

Les diagonales sont des fers méplats dont la section varie de 420×25 au milieu à 130×25 aux abouts.

Les poutres sont reliées par des poutrelles formées d'une âme de 700×15 et de cornières de $\frac{80 \times 80}{10}$ avec plates-bandes de 300×10.

Ces poutrelles sont entretoisées par 7 cours de longerons de 180 de hauteur en fer laminé, sur lesquelles on rive le bordé étanche de 12 millimètres que forme le fond du sas, situé à $3^m,25$ au-dessous du niveau de la plate-bande supérieure des poutres. Le mouillage normal dans le sas est de $2^m,30$.

Le bordé latéral est formé par une tôle de 10 millimètres rivée aux poteaux montants et rendue rigide par deux fers en u de $\frac{200 \times 80}{10}$ placés respectivement à $0^m,650$ et $1^m,400$ au dessus du fond du sas. Un troisième fer en u, de $\frac{145 \times 60}{80}$ rivé sur le bordé latéral au niveau normal de l'eau dans le sas, soit à $2^m,40$ au dessus du fond, sert à soutenir un bordage en bois formé de deux pièces accolées de 13×21 et 14×21, destinées à amortir les chocs des bateaux.

Les aqueducs situés à l'amont des deux ascenseurs et les raccordements métalliques de la Louvière ont les mêmes dispositions générales que les sas.

Portes levantes aux abouts des sas et aux extrémités des biefs

Dans les deux ascenseurs les sas sont terminés à leurs abouts par des portes levantes qui glissent dans des rainures ménagées à cet effet dans les poutres.

Les extrémités des ponts-canaux terminant le bief supérieur et des aqueducs terminant le bief inférieur sont également fermées par des portes levantes qui glissent dans des rainures. Les portes correspondantes d'un sas et d'un bief se manœuvrent simultanément après avoir été rendues solidaires. Entre ces deux portes existe un espace nuisible qu'il faut garnir d'un joint et remplir d'eau avant de commencer la manœuvre de levage ; on verra plus loin comment ce joint a été formé dans les deux ascenseurs.

Aux Fontinettes l'ossature d'une porte comprend deux entretoises horizontales et six aiguilles verticales. La première entretoise, placée au haut de la porte, est un fer en U formé d'une âme de 300×8 et de deux cornières de $\frac{90 \times 90}{8}$ la deuxième entretoise, placée à $1^m,97$ au dessous du niveau de la première, est un fer à double T formé d'une âme de 400×8 et de quatre cornières de $\frac{90 \times 90}{8}$

Les aiguilles verticales sont des fers à double T formés d'une âme de 8 millimètres de hauteur variable, et de 4 cornières de $\frac{70 \times 70}{8}$

Digitized by Google

Le bordé étanche est formé par une tôle de 10 millimètres d'épaisseur, dans laquelle est ménagée une double ouverture rectangulaire sur laquelle s'adapte une ventille glissante.

Enfin une cornière de $\frac{85 \times 85}{8}$ entoure la porte.

Les portes des aqueducs sont suspendues seules aux chaînes de levage, par l'intermédiaire de rondelles Belleville disposées de façon à remplir l'office d'un ressort à boudin, pour amortir les chocs.

L'accrochage des portes d'amont se fait à la main en faisant tomber un crochet en col de cygne fixé à la porte du sas dans une chape fixée à la porte de l'aqueduc.

A l'aval l'accrochage se fait automatiquement. Quand on soulève la porte du canal, des crochets solidaires de cette porte viennent se placer dans des chapes disposées un peu au dessus et solidaires de la porte du sas ; mais ces dernières ne peuvent être décrochées que par un mouvement d'abaissement du sas.

Les portes sont guidées dans leurs mouvements par des cornières garnies de caoutchouc, fixées au sas et à l'aqueduc, puis par d'autres cornières fixées à un portique, et entre lesquelles glissent les ailes saillantes des cornières qui forment le pourtour des portes.

Sur le portique est placé l'appareil moteur qui permet d'opérer le levage des portes. Ce moteur est une presse hydraulique dont le piston a $0^m,310$ de diamètre. Le diamètre de la tige du piston est $0^m,215$, la course de ce piston est $1^m,09$. L'eau agit à la pression de 26 k. 500 environ. La petite face du piston est constamment en communication avec cette eau comprimée. La grande face peut être mise à volonté en communication avec l'eau comprimée ou l'atmosphère, au moyen d'un distributeur analogue à celui des grandes presses, que nous décrirons plus loin.

Le piston de la presse porte sur son prolongement deux crémaillères guidées par des sommiers, et qui engrènent avec des pignons placés sur les axes des deux poulies à empreintes, sur lesquelles passent les deux chaînes de suspension. Chacune de ces chaînes passe encore sur une autre poulie et se termine enfin par un contrepoids de 3 400 kilogrammes, de sorte que chaque presse n'a plus à vaincre qu'un effort égal à la 1/2 somme des poids des portes diminue de 3 400 kilogrammes.

Le rapport des diamètres des pignons et des poulies à empreintes correspondantes est de 5,5 (le diamètre des poulies étant $0^m,105$) ; il en résulte que l'effort maximum à vaincre, qui mesuré sur la circonférence de la poulie, est de 700 kilogrammes, devient égal à 3 750 kilogrammes lorsqu'on le mesure sur la circonférence du pignon, et par suite sur le piston. D'autre part l'effort sur ce piston, étant données ses dimensions, est de 10 335.

Digitized by Google

A la Louvière, chaque porte a $3^m,385$ de hauteur et $6^m,05$ de largeur, son ossature se compose de 4 entretoises horizontales et 11 aiguilles verticales.

La première entretoise, située à la partie supérieure de la porte, est une cornière de $100 \times 100 \times 10$. La suivante, placée à $1^m,35$ au-dessous du niveau de la première, à double T formé par une âme de 200×10 et de cornières de $80 \times 80 \times 8$. La troisième, à 1 mètre (d'axe en axe) de la seconde, est un fer à double T formé par une âme de 200×10 des cornières de $100 \times 80 \times 8$. Enfin la dernière, en bas de la porte, à 1 mètre de la troisième, est une cornière de $80 \times 80 \times 8$, sur laquelle est appliquée une garniture de caoutchouc de 40 d'épaisseur et de 150 de largeur, qui porte extérieurement une bande de tôle de 80×15. L'ensemble de ces trois pièces règne également sur les côtés latéraux de la porte.

Les aiguilles verticales sont des cornières de $80 \times 80 \times 8$ espacées de $0^m,50$.

L'accrochage des portes se fait d'une façon plus simple qu'aux Fontinettes. Il suffit de tourner une manivelle horizontale placée sur une passerelle fixée à la porte de l'aqueduc pour que, au moyen d'une transmission très simple, deux doigts horizontaux, mobiles autour d'axes verticales, viennent s'engager dans des crochets fixés à la porte du sas. Le mouvement de la manivelle entraîne en même temps l'ouverture d'une ventelle destinée à remplir l'espace nuisible compris entre les portes.

Les portes sont guidées dans leurs mouvements par des fers en U formés de 2 cornières de $150 \times 50 \times 11$ entre les ailes desquelles vient s'engager la garniture de caoutchouc dont il a été parlé plus haut. Ces fers en U sont fixés les uns aux parois de l'aqueduc et du sas, les autres, dans le prolongement des premiers, à un portique spécial sur lequel s'appuient les différentes poulies de renvoi des chaînes.

Les appareils moteurs sont des presses multiplicatrices du type Armstrong à 8 paires de poulies. Le diamètre des pistons pour toutes ces presses est de 325 millimètres. La course des presses de soulèvement des portes amont est de $1^m,90$, celle des presses des portes aval de $2^m,05$. Les poulies des presses ont 665 de diamètre et 95 de gorge.

Il y a 3 chaînes de suspension par porte. Mais la presse correspondante n'agit que sur la chaîne centrale. L'effort est produit sur les deux autres au moyen d'un contrepoids de 2200 kilogrammes environ placé dans le portique latéral. Ce contrepoids est suspendu à une poulie dans laquelle passe une chaîne dont les deux brins remontent le long du portique, passent dans la gorge de plusieurs poulies et enfin s'attachent à la porte.

Les deux presses qui servent à la manœuvre des portes d'amont sont placées l'une près de l'autre entre les extrémités des deux ponts-canaux, leur grand axe étant dirigé dans le sens de la longueur de l'ouvrage.

Les deux presses qui servent à la manœuvre des portes d'aval sont placées obliquement sous le plafond des aqueducs de raccordement.

Digitized by Google

Joints étanches entre les sas et aqueducs

On a déjà dit qu'avant de procéder à l'ouverture d'une paire de portes, il fallait étancher et remplir d'eau l'espace nuisible qui se trouve nécessairement entre elles.

Aux Fontinettes, les sas et les aqueducs sont terminés à leurs abouts par des boucliers formés de tôles plates situées dans des plans verticaux. A la tôle du sas est fixée une poche ou culotte constituée par une feuille de caoutchouc repliée convenablement. Cette poche est dégonflée pendant que le sas opère ses mouvements de montée, et, par conséquent, elle ne les gêne pas. Quand le sas est à l'extrémité de sa course, on fait arriver de l'air comprimé dans la culotte qui se gonfle et s'applique alors sur le bouclier de l'aqueduc en fermant le joint étanche. Il ne reste plus qu'à ouvrir les ventelles dont on a parlé plus haut pour supprimer la pression et rendre possible la manœuvre des portes.

Les poches de caoutchouc ont été faites par tronçons (7 par poche) dans des moules spéciaux. Dans l'épaisseur du caouthouc on a placé deux bandes de toile destinées à augmenter sa raideur, à empêcher les déchirures.

Chaque tronçon a ensuite subi une cuisson de 4 heures dans la vapeur d'eau à la pression de 3 atmosphères 1/2.

Les tronçons ont été soudés en laissant déborder les bandes de toile entre lesquelles on en plaçait une troisième, et en enduisant le tout de caoutchouc dissous, puis en soumettant la soudure à un courant de vapeur de 3 atmosphères.

Il faut enfin signaler les ressorts en acier qui recouvrent le caoutchouc et le protègent contre les frottements qui s'exercent sur lui lorsqu'on fait varier le niveau des sas, les poches étant gonflées.

L'air comprimé nécessaire au gonflement des culottes de caoutchouc est fourni par un compresseur d'air situé dans le bâtiment des machines. La force motrice est obtenue au moyen d'une courroie de transmission qui relie une poulie calée sur l'arbre de couche de compresseur à une poulie calée sur l'axe horizontal d'une turbine spéciale ; d'une force de 15 chevaux.

Le compresseur d'air est une pompe à double effet composé d'un cylindre dans lequel se meut un piston de $0^m,18$ de diamètre, dont la course est de $0^m,240$. Ce piston est actionné par une bielle et une manivelle calée sur l'arbre qui reçoit le mouvement. Cet arbre fait 90 tours à la minute.

Le compresseur peut être débrayé en calant les soupapes d'aspiration au moyen d'une vis.

Afin d'éviter tout échauffement, le cylindre du compresseur a été entouré d'une chemise d'eau. L'eau employée est prise et rendue à la conduite d'alimentation des pompes de compression d'eau dont il sera parlé plus loin.

Digitized by Google

Les soupapes d'aspiration reçoivent constamment aussi l'eau en filet mince.

L'air comprimé se rend par un tuyau à un réservoir d'air de $0^m,68$ de diamètre et de $1^m,50$ de hauteur. Sur le tuyau d'amenée sont installés un robinet d'isolement, un manomètre et une soupape de sûreté.

Un autre tuyau amène l'air du réservoir aux poches en caoutchouc. Un robinet à trois voies monté sur ce dernier tuyau permet de mettre les poches en communication, soit avec l'air atmosphérique, soit avec l'air comprimé. Ce robinet est manœuvré au moyen d'une clé à douille. Un cadran indicateur indique la position du robinet.

A la Louvière, le joint étanche a été obtenu d'une façon moins simple.

Aux abouts du sas et du raccordement métallique sont fixées extérieurement au bordé de part et d'autre, des cornières de $\frac{150 \times 100}{12}$, réunies au-dessous des seuils des portes par des fers plats. Les ailes des cornières et ces fers plats sont dans deux plans inclinés 1/10 l'un sur l'autre (un de ces plans étant vertical). Entre ces deux plans on enfonce au coin de même inclinaison ; ce coin, formé de méplats et de cornières, est une sorte de cadre dont on aurait enlevé le 4e côté et dont les faces sont garnies de bandes de caoutchouc dont la section affecte la forme d'un trapèze de 40 millim. $\times$ 60 millimètres de bases et 80 millimètres de hauteur.

Les côtés latéraux du coin d'amont ont $3^m,370$ de hauteur. La largeur entre leurs bords extérieurs est de $6^m,18$. Ce coin s'amincit vers le bas (sa largeur varie de 0,507 à 0,170), en sorte que l'établissement du joint exige une traction de haut en bas.

A cet effet, la branche horizontale du coin est reliée en son milieu au piston d'une presse différentielle fixée au-dessous du fond du raccordement métallique. Le diamètre du piston de cette presse est de $0^m,18$, le diamètre de la tige de ce piston est de $0^m,06$ et sa course peut atteindre $0^m,38$. En temps normal, la petite face du piston communique avec l'eau comprimée, tandis que la grande face communique avec l'atmosphère et, par suite, le coin est en haut de sa course. Il suffit d'établir la communication de la grande face du piston avec l'eau comprimée pour faire descendre le coin et opérer le serrage.

Les côtés latéraux du coin d'aval ont $3^m,430$ de hauteur. La largeur entre leurs bords intérieurs est comme pour le coin d'amont de $6^m,18$. Le coin s'amincit vers le haut (sa largeur varie de 0,520 à 0,177) et l'établissement du joint exige une pression de bas en haut.

A cet effet, la branche horizontale du coin repose en son milieu, par l'intermédiaire d'un bâtis en fonte dont la plus grande longueur est $1^m,40$, et la plus grande largeur $0^m,30$, sur le piston d'une presse hydraulique ordinaire. Le diamètre de ce piston est de $0^m,13$. Sa course peut atteindre $0^m,400$. Le diamètre intérieur de la presse est de $0^m,160$.

Digitized by Google

Le bâtis de cette presse est un rectangle de fonte de 0,400×0,300×0,35, fixé à la maçonnerie de cale sèche par 4 boulons.

Les coins sont guidés dans leurs mouvements par deux galets de 10 millimètres de diamètre fixés extérieurement aux côtés latéraux des coins et qui roulent sur un méplat de 10 millimètres relié par une cornière de $\frac{150 \times 90}{11}$ aux boucliers de l'aqueduc (pour le coin d'amont) et du raccordement métallique (pour le coin d'aval).

L'eau comprimée qui sert à l'alimentation des presses est prise à l'accumulateur dont nous parlerons plus loin.

Ce système de formation du joint étanche à l'inconvénient de produire une poussée horizontale sur le piston, poussée qui vient s'ajouter à celles qu'on ne pouvait éviter. C'est pourquoi le système des Fontinettes semble préférable.

Tours-Passerelles

Aux Fontinettes il n'existe que trois tours en maçonnerie, situées dans la partie moyenne de l'ascenseur. Ces tours, dont la section est indiquée plus haut, sont fondées sur pilotis, elles ont environ 23 mètres de hauteur. Les deux tours extérieures contiennent les compensateurs, dont il sera question plus loin, et au haut de la tour centrale est établie la chambre du mécanicien, qui domine tout l'appareil. Un escalier construit dans la tour permet d'accéder à cette chambre. Les marches de cet escalier sont encastrées d'un côté dans les murs de la tour, de l'autre dans les parois extérieures d'une cheminée centrale où passent les leviers de manœuvre.

En outre une passerelle métallique conduit de l'extrémité aval du pont-canal à cette chambre de manœuvre.

A la Louvière le guidage en aval a nécessité l'établissement de trois tours, de sorte qu'avec les piles des aqueducs, on a neuf tours métalliques dont il serait sans intérêt de donner les dimensions détaillées.

Pour assurer la résistance de ces neuf tours, on les a fortement boulonnées, à leur base, sur les massifs de maçonnerie qui entourent les cales sèches, et on les a reliées à leur partie supérieure par de fortes charpentes métalliques. Celles de ces charpentes qui réunissent les tours extérieures portent un tablier au niveau de l'aqueduc d'amont, de façon à former des passerelles de circulation autour des sas.

Les trois tours centrales sont réunies par une charpente spéciale placée de telle façon qu'il y ait un espace de $4^m,20$ entre le dessous de ces charpentes et le niveau de flottaison d'amont. La chambre du mécanicien est établie dans cette charpente.

Enfin un escalier établi dans la tour du milieu d'aval permet d'accéder de la

Digitized by Google

plate-forme située entre les deux cales sèches à la passerelle de circulation autour des sas.

Aux Fontinettes, la communication entre les presses a lieu à la partie inférieure de celles-ci, au moyen d'une conduite en fer de $0^m,25$ de diamètre intérieur, qui est coudée à 180° à sa sortie sous le fond de chaque presse, remonte les puits et présente une branche horizontale entre les deux puits, au fond de la cale sèche. C'est sur cette branche horizontale qu'on a établi la vanne de communication et des tubulures qui font communiquer la conduite avec deux distributeurs destinés soit à laisser échapper l'eau de l'une quelconque des presses, soit au contraire d'y introduire de l'eau sous pression.

La communication par le fond des presses exige l'emploi d'une tuyauterie à haute pression d'une grande longueur (de deux fois la profondeur des puits) ; son établissement et son entretien sont des sujétions gênantes, dont on s'est affranchi à la Louvière.

Dans cet ascenseur, les presses communiquent à leur partie supérieure au moyen de deux distributeurs circulaires en fonte, en forme de tore creux, de $0^m,25$ de diamètre intérieur qui les entourent et qui sont munis de petits tubes en acier de $0^m,05$ de diamètre débouchant sur la paroi intérieure des presses. Les petites ouvertures dans lesquelles on vient visser ces tubes affaiblissent très peu la résistance de la virole dans laquelle elles sont placées, et les tubes d'acier, par leur grand nombre, donnent une grande élasticité au système de raccordement, qui semble parfait.

Les deux tores, placés en regard l'un de l'autre, sont réunis par une tuyauterie spéciale, qui comporte, comme l'ascenseur des Fontinettes, une vanne de communication et deux distributeurs.

Vannes de communication

Aux Fontinettes, le corps de la vanne est une tubulure en fonte de 250 millimètres de diamètre, portée sur un socle également en fonte, et aux extrémités de laquelle sont fixées les brides de la conduite de communication entre les presses dont il vient d'être parlé.

La vanne proprement dite est un coin en fonte dont les faces glissantes sont munies d'une garniture en cuivre fixée par des vis, et qui se meut verticalement dans une rainure à section trapézoïdale. Au-dessus de cette vanne on a ménagé une coupole où elle vient se loger. Quand elle est abaissée, l'eau comprimée peut s'introduire dans la coupole par suite du jeu de la vanne dans sa rainure, en sorte que la coupole est constamment pleine d'eau sous pression.

La vanne peut être soulevée soit mécaniquement, à l'aide d'une presse hydraulique, soit à la main.

Digitized by Google

La presse hydraulique à double effet servant à la manœuvre de la vanne de communication est située au-dessus de la vanne, son piston, dont le diamètre est de 200 millimètres, est monté sur la tige de cette vanne. Ce piston porte au-dessus de sa face supérieure un manchon cylindrique de 182 millimètres de diamètre qui traverse le second fond du cylindre, en sorte que l'eau comprimée admise sur la face supérieure n'agit que sur un espace annulaire de 9 millimètres de largeur, tandis que de l'autre côté elle agit sur l'espace annulaire compris entre le cylindre et la tige du piston, soit sur un anneau de 150 millimètres de largeur. La face supérieure est constamment en communication avec la coupole de la vanne, qui est toujours remplie d'eau comprimée, la vanne est donc fermée à l'état normal. Pour la lever, il suffit d'introduire l'eau comprimée sous la face inférieure du piston, ce qui se fait au moyen d'un distributeur monté sur un tuyau venant de l'accumulateur. Ce tuyau passe dans la chambre de manœuvre, au haut de la tour centrale, et c'est dans cette chambre qu'est placé le distributeur,sur le même bâti que le treuil servant à la manœuvre à la main.

Le corps de ce distributeur est un cylindre en cuivre sur lequel sont fixées trois tubulures. L'une de ces tubulures, débouchant dans la partie médiane du distributeur, communique avec la face inférieure du piston de la presse de soulèvement de la vanne ; les deux autres placées à gauche et à droite de la première et à angle droit sur sa direction communiquent l'une avec l'accumulateur et l'autre avec l'atmosphère.

Les tuyaux de communication avec l'accumulateur et la presse débouchent dans des anneaux formés par des évidements ménagés en partie dans l'épaisseur du cylindre formant le corps du distributeur, et en partie dans des bagues entourant une tige centrale en fer qui traverse le distributeur. Ces bagues sont percées de trous. Elles sont d'ailleurs maintenues en place par un écrou qui les appuie sur un épaulement ménagé dans le corps du distributeur. Entre l'écrou et la première bague, entre les deux bagues, entre la deuxième bague et l'épaulement sont placées des garnitures qui forment joint étanche.

Enfin le troisième tuyau, celui qui communique avec l'atmosphère, débouche dans une gorge ménagée dans la matière du corps du distributeur.

La tige de fer dont il a été parlé plus haut se compose de trois tronçons assemblés par des joints étanches. Le second tronçon porte des petits canaux qui, dans une certaine position de la tige, établissent la communication entre les trous des deux bagues, et par suite entre l'accumulateur et la presse.

Le troisième tronçon porte un évidement annulaire à sa surface, qui dans une autre position de la tige, établit la communication entre les trous de la bague relative au tuyau central et la gorge relative au troisième tuyau, c'est-à-dire entre la face inférieure de la presse et l'atmosphère.

Il suffit donc d'avancer ou reculer la tige pour fermer ou ouvrir la vanne, et

Digitized by Google

ce mouvement de va-et-vient peut être obtenu au moyen d'un volant manœuvré à la main.

Mais la vanne de communication peut être manœuvrée directement à la main. Voici comment :

La tige du piston de la presse de soulèvement de la vanne est prolongée par une colonne, formée de tubes de fer, jusqu'à la chambre de manœuvre. Cette colonne est terminée par un écrou qui peut glisser entre deux guides faisant partie du bâtis qui porte déjà le distributeur qu'on vient de décrire. Dans cet écrou passe une tige filetée qui prolonge la colonne et qui est prolongée à son tour par une partie carrée, portant deux épaulements entre lesquels on peut introduire un cadre au moyen du mouvement d'une manivelle.

Si la vanne est manœuvrée hydrauliquement, les tiges montent et descendent. Si au contraire on vide la presse en fermant les robinets d'amenée de l'eau et en ouvrant les robinets de vidange ; si en suite on introduit le cadre entre ses épaulements de façon à empêcher les tiges de monter et qu'on fasse tourner ces tiges, l'écrou prendra un mouvement vertical, la colonne et par suite le piston et la vanne monteront ou descendront. Le mouvement de rotation des tiges est produit au moyen d'une roue d'angle et d'un pignon dont l'axe porte une manivelle.

Tous ces appareils sont très ingénieux, mais un peu compliqués, et à la Louvière le système de manœuvre de la vanne est beaucoup plus simple. Le corps de la vanne est un tronçon de tuyau de même diamètre intérieur que les conduites de communication entre les presses, qui aboutissent à ses extrémités. La vanne est encore une vanne levante, mais elle ne se manœuvre qu'à la main. Elle porte un écrou qui reçoit une tige filetée surmontée d'une tige ronde, qui passe dans un presse-étoupes placé au-dessus d'un logement ménagé sur la tubulure qui contient la vanne et dans lequel celle-ci vient se placer quand elle est levée.

La tige de la vanne passe encore dans un collier et porte à son extrémité un pignon qui engrène avec une roue dentée située à l'extrémité inférieure d'une longue tige qui se termine à son autre extrémité dans la chambre de manœuvre, par une roue dentée montée sur un bâtis de fonte. Cette roue dentée engrène avec une vis sans fin dont l'axe porte une manivelle mue par le mécanicien.

Distributeurs des presses

Chaque presse doit pouvoir être mise à volonté en communication avec l'eau comprimée ou avec l'atmosphère. Voici comment on a résolu ce problème dans les deux ascenseurs.

Aux Fontinettes, chaque distributeur se compose d'un bâtis en bronze portant

Digitized by Google

trois tubulures, la première, débouchant au-dessus du bâtis, communique avec une presse, les deux autres débouchant latéralement à des niveaux différents, communiquent avec l'accumulateur et avec l'atmosphère. Dans le bâtis peuvent osciller deux tiges soupapes équilibrées maintenues en temps ordinaire à fond de course par un contrepoids qui presse sur leurs extrémités gauches, par exemple, par l'intermédiaire d'un levier oscillant. Sur leurs extrémités droites agissent des cames venues de fonte sur l'axe d'un levier vertical, de sorte qu'en poussant l'une des tiges-soupapes, on établit la communication entre la presse et l'accumulateur, et qu'en poussant l'autre on supprime cette communication pour l'établir entre la presse et l'atmosphère.

Au levier vertical est attaché un câble qui passe sur une poulie et se termine par un contrepoids, de sorte que si rien ne vient s'y opposer ce levier est toujours sollicité du même côté et ce côté est tel que le distributeur soit alors ouvert à l'échappement. Un autre câble, passant par plusieurs poulies, aboutit à la chambre de manœuvres où il est fixé à un écrou par l'intermédiaire d'une chape. Une vis mue à l'aide d'un volant détermine le mouvement de l'écrou, et par suite le mouvement du levier vertical du distributeur. L'écrou se meut le long d'une règle graduée, et sa position indique au mécanicien si le distributeur est ouvert à l'échappement, fermé ou ouvert à l'admission.

A la Louvière, chaque distributeur se compose de deux corps cylindriques de soupapes fixés diagonalement sur un bâtis en fonte. Une conduite qui communique avec la presse correspondante au distributeur débouche sous le fond des deux cylindres. En outre, chacun d'eux porte latéralement, un peu au-dessus du fond, une autre tubulure qui communique avec l'atmosphère pour l'un, avec l'accumulateur pour l'autre.

Les soupapes sont des pistons maintenus en temps normal à fond de course par un système de levier et contrepoids. Un presse-étoupes assure l'étanchéité de chaque corps de soupapes. Si l'une ce ces soupapes vient à être soulevée de quelques centimètres, la communication est établie entre le fond du corps de soupape et la tubulure latérale, c'est-à-dire, suivant celles des deux soupapes dont il s'agit, entre la presse et l'accumulateur ou entre la presse et l'atmosphère.

Dans chacune des tiges-soupapes passe un levier mobile autour d'un axe horizontal, et dont l'extrémité opposée porte un contrepoids.

Comme les deux soupapes sont disposées en diagonale sur le bâtis et que les tiges des leviers sont parallèles à l'un des côtés du bâtis, on voit que l'extrémité fixe d'un des leviers est en regard de l'extrémité mobile de l'autre, et inversement.

Perpendiculairement à la direction des leviers et à égale distance des soupapes, il existe un arbre sur lequel deux cames sont calées à 180° l'une de l'autre.

Digitized by Google

Les contrepoids appuient les leviers sur ces cames, en sorte qu'il suffit de faire osciller l'arbre à droite et à gauche pour obtenir l'ouverture ou la fermeture de l'une et l'autre soupape.

L'arbre est monté sur deux paliers fixés au bâtis du distributeur. En dehors de l'un des tourillons il porte un bras dont les extrémités sont les points d'attache de deux tiges qui montent dans la tour centrale et sont fixées un peu au-dessous de la chambre des manœuvres aux extrémités d'un autre bras calé sur un second arbre, supportés par des paliers fixés au plancher de la chambre et qui porte enfin un dernier bras calé à angle droit sur le précédent. Ce bras pénètre dans la chambre des manœuvres, où il est mû à la main par le mécanicien. La fixité de ses différentes positions est d'ailleurs assurée par une position semblable à celui employé d'abord pour le levier de la coulisse Stéphenson, et dont l'usage est trop connu pour qu'il soit utile d'en donner la description ici.

Machinerie

Dans les deux accumulateurs la machinerie se compose de deux turbines, utilisant la chute d'eau existant entre les biefs, de quatre pompes de compression à double effet couplées deux à deux, et d'un accumulateur d'eau comprimée.

La machinerie des Fontinettes est placée dans un bâtiment spécial situé entre la culée centrale de l'extrémité aval des aqueducs, et la tour centrale de guidage des sas.

Les turbines du type Fontaine, à injection partielle, ont leur prise d'eau dans un petit canal qui réunit les deux aqueducs ; l'eau passe dans un tuyau (naturellement muni d'un gril), qui l'amène à la turbine.

Ce tuyau porte une vanne qui permet d'interrompre l'arrivée de l'eau en cas d'accident.

La chute utilisée par l'eau dans les turbines est de $12^{m},80$, et la force disponible est de 55 chevaux pour chaque turbine, en supposant un rendement de 0,75.

Les pompes de compression sont établies de façon à fournir chacune 8 750 litres d'eau, sous une pression de 29 kilogrammes en une heure. D'après cela la force motrice en chevaux, nécessaire à un couple de deux pompes, en supposant pour les pompes un rendement de 0,80, est de

23 chevaux 1/2.

Digitized by Google

Les conduites de refoulement des quatre pompes se réunissent en une seule conduite qui amène l'eau à l'accumulateur. Cette conduite générale porte en face de l'accumulateur une soupape qui permet d'établir ou de fermer à volonté la communication avec les pompes.

L'accumulateur est un cylindre de fonte dans lequel se meut un piston de fonte de $0^m,555$ de diamètre et de $4^m,80$ de course. Il passe dans un presse-étoupes à son entrée dans le cylindre, et porte sur son about libre une traverse en fonte aux extrémités de laquelle sont ménagées des mortaises qui lui servent de guides dans les mouvements du piston.

Deux glissières munies d'un talon raboté reçoivent les mortaises de guindage. Ces glissières sont réunies à leur partie supérieure par une entretoise. Une caisse annulaire contenant un contrepoids est suspendue à la traverse par des boulons et des tirants.

Le poids total du piston, de la traverse et du contrepoids, est de

$$\frac{70\,151}{2} \text{ kil.}$$

La section du cylindre étant

$$\frac{\pi \times 0{,}555}{4} = 6^m,2419,$$

la pression dans l'accumulateur est de

$$\frac{70\,151}{2419} = 29 \text{ kilogrammes par centimètre carré.}$$

On admet qu'avec les pertes de charge, la pression de l'eau comprimée dans les presses est d'environ 25.

Or le poids d'un sas chargé étant de 792 tonnes et le diamètre du piston 2 m. la pression nécessaire est de

$$\frac{792\,000}{3\,1416}$$

soit environ 25 kilogr. par centimètre carré.

Le piston de l'accumulateur arrivant à l'extrémité supérieure de sa course fait agir successivement deux débrayages qui l'empêchent de jamais sortir de son cylindre. Le premier débrayage ferme le tuyau d'amenée d'eau à la turbine, le

Digitized by Google

second fait communiquer la conduite d'eau comprimée avec l'atmosphère. Il n'agit d'ailleurs que si le premier n'a pas fonctionné.

L'accumulateur en charge contient assez d'eau pour soulever un sas, en quelques instants, de $0^m,37$. Il est aisé de faire le calcul et de vérifier également, étant donné le débit des pompes, qu'il faut 71 minutes environ pour soulever complètement un sas au moyen de ces pompes.

A la Louvière la machinerie est placée dans un bâtiment situé en dehors de la cale de gauche, et dont la largeur est celle qui est comprise entre les piliers d'aval des aqueducs d'amont et les piliers centraux de guidage.

Les deux turbines utilisent une chute d'eau de $15^m,397$, elles sont du système Armstrong. Le tuyau d'amenée de l'eau a son origine à l'amont des murs en retour de la tête d'amont de l'ascenseur. Près de l'origine de ce tuyau est établie une vanne permettant de fermer complètement la prise d'eau.

Dans la chambre des machines et en deça de l'arrivée de l'eau sur les turbines est établie une autre vanne permettant de régler l'arrivée de l'eau sur ces turbines.

Enfin une dernière vanne est établie auprès de chacune des turbines de manière à régler leur marche et à permettre, en tout cas, leur fonctionnement simultané ou séparé.

Sur le tuyau amenant l'eau aux turbines, est établi un branchement avec vanne de commande pour permettre d'alimenter le bief aval par cet aqueduc, sans passer par les turbines.

Les pompes de compression sont établies de façon à fournir chacune 6 000 lit. d'eau sous une pression de 40 kil., par centimètre carré, en une heure. Il s'en suit que la force motrice en chevaux, nécessaire à un couple de deux pompes, en supposant pour celles-ci un rendement de 0,80 est de

22 chevaux.

et les turbines sont établies de façon à produire ce travail, en supposant leur rendement de 0,75.

Les pompes peuvent être éventuellement actionnées par la force motrice empruntée à une machine à vapeur fixe.

L'accumulateur est un cylindre en fonte de $0^m,500$ de diamètre et de $7^m,70$ de course. Il porte, une traverse en fonte munie à ses extrémités de deux saillies à section rectangulaire, qui glissent chacune entre les ailes saillantes de deux cornières boulonnées sur des montants en bois fixés aux murs de la tourelle qui

Digitized by Google

contient l'accumulateur. A la traverse, est suspendue par des tirants une caisse annulaire qui contient un contrepoids.

Le poids total du piston, de la traverse et du contrepoids est de 78 500 kilogs. La section du cylindre étant de 1 962 cq,5 la pression dans l'accumulateur est de

$$\frac{78\,500}{1962{,}5} = 40 \text{ kilogs par centimètre carré.}$$

On admet qu'avec les pertes de charge, la pression de l'eau comprimée dans les presses est de 35 kilogs, par centimètre carré, or le poids d'un sas chargé étant 1 100 tonnes et le diamètre du piston 2 mètres, la pression nécessaire est

$$\frac{1\,100\,000}{31\,406} = 35 \text{ kg. précisément.}$$

L'accumulateur règle automatiquement la marche des turbines, qui s'arrêtent quand il est au haut de sa course, et qui marchent ensuite en faisant un nombre de tours en rapport avec la quantité d'eau à fournir.

Il est facile de vérifier que l'accumulateur en charge contient assez d'eau pour faire monter en quelques instants l'un des sas de $0^m,45$, et qu'il faut $2\,h\,8\,m$ environ pour soulever complètement ce sas au moyen des pompes.

Fonctionnement des ascenseurs

Lorsque l'un des sas est au haut et l'autre au bas de sa course, la vanne de communication étant fermée, les pressions de l'eau comprimée, au niveau du fond des presses, sont respectivement P + p et P. P représentant le poids de l'un quelconque des sas supposés chargés de la même façon et p le poids d'une colonne d'eau ayant pour base la section intérieure de la presse et pour hauteur la course du piston.

Si donc on ouvre la vanne de communication, la force p tendra à faire remonter le sas inférieur, tandis que l'autre descendra.

Mais à mesure que ce mouvement se produit la force qui tend à le continuer diminue. Quand les deux sas sont au même niveau, cette force est nulle, mais le mouvement se continue en vertu de la vitesse acquise. La force devient ensuite négative et agit pour retarder le mouvement et lorsque les sas ont pris des positions inverses, elle devient égale à — p, et la vitesse est nulle.

Digitized by Google

Théoriquement, si les pistons et les sas n'avaient à vaincre aucun frottement, le mouvement se continuerait indéfiniment ainsi.

Mais en pratique il en est tout autrement, et si les sas avaient la même charge ils ne pourraient pas atteindre l'extrémité de leur course. Pour que le sas supérieur puisse s'abaisser complètement et faire remonter complètement le sas inférieur, il est nécessaire d'ajouter un poids d'eau supplémentaire, représenté par une tranche d'eau d'une certaine épaisseur h.

On arrive à ce résultat d'une façon très simple, en arrêtant la course ascendante du sas au moment où son niveau normal de flottaison se trouve à la distance h au dessous du niveau de l'eau dans le bief supérieur.

Lorsqu'ensuite le sas descend, il faut arrêter sa course au moment où le niveau de l'eau dans le sas se trouve à la distance h au dessus du plan d'eau dans le bief aval

La course des pistons des sas se trouve alors réduite de la quantité $2h$ et la position d'équilibre statique des sas se trouve plus ou moins déplacée, suivant la valeur de h. Il peut se faire que la force qui produit le mouvement devienne encore négative vers la fin du mouvement, ou qu'elle reste constamment positive.

A la Louvière la force p définie ci-dessus est de 48 tonnes, et la hauteur h est de $0^m,11$. La surcharge correspondant à cette tranche d'eau de 0^m11 est de 27,5, en sorte que la force qui produit la descente est de + 75 t. 5 au commencement et — 20,5 à la fin du mouvement. Les frottements divers ayant une résultante que l'on admet égale à la surcharge de 27 t. 500 (le 1/40 de la charge) il s'ensuit que le mouvement peut s'accomplir et que les sas doivent arriver à leur position définitive avec une vitesse nulle. En réalité il en est à peu près ainsi et d'ailleurs des appareils spéciaux, déja décrits annulent la vitesse à l'arrivée.

Aux Fontinettes la force p est de 41 tonnes ; la hauteur h de $0^m,30$, la surcharge correspondante 65 tonnes.

Il s'ensuit que la force qui produit la descente est constamment positive, savoir 106 tonnes au commencement et 24 tonnes à la fin. On admet que ce chiffre de 24 tonnes représente la valeur des différents frottements, en sorte que la résultante des forces agissantes varie de 82 tonnes jusqu'à 0. A la fin du mouvement la vitesse ne pourrait être nulle, si le modérateur automatique, encore plus nécessaire ici qu'à la Louvière, ne venait agir à la façon d'un frein et annuler cette vitesse.

Ces appareils sont les réservoirs compensateurs, au nombre de deux, qui s'élèvent dans les deux tours extérieures. Chacun de ces réservoirs, en tôle, affecte la forme d'un cylindre dont le diamètre intérieur a la même valeur que celui des pistons des presses, et dont la hauteur est égale à la course de ces pistons. Ces

Digitized by Google

réservoirs sont reliés aux sas par des tuyaux à joints télescopiques; ils forment donc avec les sas des vases communiquants; le niveau de l'eau dans un sas et dans un réservoir correspondant est donc toujours le même.

Si le piston d'un sas monte d'une quantité H, la section horizontale étant très grande par rapport à celle du cylindre, le niveau de l'eau va monter très sensiblement de la même quantité H, et le sas aura perdu un poids L d'eau représenté par un cylindre dont la base est la section du cylindre compensateur et la hauteur H. Or, la largeur immergée du piston, ayant diminué de H, le piston a gagné précisément le poids P, en sorte que le poids d'un sas, muni d'un compensateur, est toujours le même, à quelque moment qu'on le prenne.

En fait, on n'a pas encore utilisé ces cylindres compensateurs.

Cuvelage et fondations des puits des presses

Aux Fontinettes, le cuvelage est constitué par des anneaux de fonte de 4 mètres de diamètre extérieur, 40 millimètres d'épaisseur et $1^m,20$ de hauteur, munis à leurs bases de renforts qui servent à les boulonner l'un au-dessus de l'autre. Il portent à mi-hauteur, du côté intérieur, une nervure annulaire.

Sous la base des pierres, se trouve un massif de béton de $2^m,08$ de hauteur de $4^m,20$ de diamètre à la base et jusqu'à mi-hauteur; au-dessus, le massif est tronconique, en sorte que le cuvelage spécial de ce massif se raccorde avec celui du puits proprement dit.

A la Louvière, le cuvelage est disposé de la même façon; les tronçons successifs ont 1 mètre de hauteur; les autres dimensions sont identiques à celles du cuvelage des Fontinettes.

Le massif de béton a $2^m,36$ de hauteur, et, entre ce massif et le fond de la presse, on trouve deux assises de pierres d'une hauteur totale de 90 centimètres. Le cuvelage s'élargit à la base du massif de béton, et le dernier anneau a $4^m,25$ de diamètre.

Dans les deux ascenseurs, les pistons supportant les sas sont composés de viroles de fonte. Les pistons des Fontinettes ont $17^m,13$ de longueur, un diamètre extérieur de 2 mètres et une épaisseur de $0^m,07$. Les tronçons ont $2^m,80$ de hauteur.

Les pistons de la Louvière ont $19^m,45$ de longueur, un diamètre extérieur de 2 mètres et une épaisseur de $0^m,075$. Les tronçons ont $2^m,13$ de hauteur. Les poids à soulever par ces pistons sont respectivement 770 et 1100 tonnes, ce qui correspond à des pressions d'eau de 25 et 35 kilogrammes par centimètre carré.

Digitized by Google

Dans les deux ascenseurs les tronçons sont assemblés au moyen de brides intérieures boulonnées. Pour assurer l'étanchéité entre deux tronçons successifs, on place une feuille de cuivre annulaire sur la partie extérieure d'une feuillure ménagée à cet effet, et on écrase cette feuille de cuivre jusqu'à ce que le contact des tronçons ait lieu sur la partie intérieure de la feuillure. On enlève ensuite le cuivre qui déborde de la feuillure.

Les pistons sont terminés en haut par un chapeau rectangulaire, en bas par une calotte hémisphérique. Le chapeau et ce fond portent des trous d'homme. Celui du fond est muni d'une fermeture autoclave.

Corps de presses

On avait d'abord pensé, en France, à se servir de la fonte, mais on y renonça après de longues discussions sur le taux qu'il convenait d'adopter pour le travail de la fonte à la traction ; la rupture d'une presse en fonte à Anderton, en Angleterre, augmenta encore les appréhensions auxquelles donnait lieu l'emploi de cette matière. L'acier fondu de Terre-Noire, essayé ensuite, donna de grandes déceptions, car le taux du travail n'y put dépasser 16 kilogrammes par millimètre carré, au lieu des 50 kilogrammes sur lesquels on comptait.

Les tôles soudées en fer et en acier furent repoussées également. Enfin, on s'arrêta à l'idée de composer la presse d'anneaux en acier laminé sans soudure, dont une virole d'essai, soumise à une pression de 175 atmosphères, n'a éprouvé aucune déformation. Le coefficient de sécurité est donc supérieur à 7, puisque la pression dans les presses des Fontinettes ne dépasse pas 25 atmosphères.

Les viroles d'acier ont 55 millimètres d'épaisseur, $2^{m},06$ de diamètre intérieur $0^{m},14$ de hauteur. Elles sont assemblées à mi-épaisseur sur une hauteur de $0^{m},005$. On empêche ainsi les mouvements latéraux.

De plus, les viroles extrêmes, en acier forgé, sont réunies par des tirants et enfin il existe quatre entretoisements en fonte s'appuyant, par l'intermédiaire de coins, sur le cuvelage du puits.

L'étanchéité de la presse est obtenue au moyen d'une chemise intérieure comme il est dit plus haut pour l'étanchéité des sas.

L'exécution des presses de la Louvière a nécessité de plus grandes sujétions que celle des presses des Fontinettes. Il fallait d'abord tourner avec soin les abouts des viroles en fonte et leur laisser un rebord extérieur assez grand, mais pouvant permettre cependant le passage des frettes à chaud; dresser également avec soin la surface extérieure des viroles en fonte, pour assurer un contact régulier avec

Digitized by Google

les frettes, enfin donner exactement aux différentes pièces toutes les dimensions calculées.

Toutes les frettes destinées à une même virole devaient être chauffées au rouge sombre et posées le plus rapidement possible, afin qu'elles opérassent un serrage régulier en se refroidissant en même temps. Ce serrage devait être tel que le travail de la fonte fut réduit à 1 kilogramme par millimètre carré.

Les rebords laissés aux extrémités d'une virole servent à retenir les frettes extrêmes, dont la section est analogue à celle d'une forte cornière de façon à permettre le boulonnage de la frette supérieure d'un tronçon à la frette inférieure du tronçon suivant.

L'étanchéité du joint entre deux tronçons est obtenue, comme pour les pistons par l'emploi d'une feuille annulaire de cuivre placée dans une feuillure ménagée à cet effet. Mais ici c'est dans la partie intérieure de la feuillure que l'on vient poser la feuille de cuivre.

La presse est terminée en haut par une boîte à étoupes ordinaire fermée par un presse-étoupes en bronze phosphoreux.

A la partie inférieure la presse repose sur un fond plat par l'intermédiaire d'un joint en caoutchouc. Ce joint aurait pu être établi, comme tous les autres, au moyen d'une feuillure garnie d'une plaque annulaire de cuivre, et l'on ne saisit pas bien la nécessité de ce changement de système, qui amène une sujétion d'entretien qu'on aurait pu éviter.

Le fond plat repose sur les fondations du puits par l'intermédiaire d'une feuille de plomb de $0^{m},005$ d'épaisseur.

Pour éviter tout mouvement d'oscillation des presses sur leur base, on le maintient à leur partie supérieure au moyen d'armatures en fonte à clavettes qui s'appuient sur le cuvelage en fonte des puits des presses.

L'examen des systèmes si différents employés dans l'établissement des presses des deux ascenseurs est ici terminé.

Il est difficile de se prononcer d'une façon certaine pour l'un ou pour l'autre. Ils ont tous deux fait leurs preuves; ils présentent tous deux un surcroît de résistance offrant toute sécurité. En théorie cependant, le système français peut paraître plus simple; on n'y a demandé la résistance qu'à un seul métal, l'acier, et l'étanchéité est obtenue par l'emploi d'une simple enveloppe très mince de cuivre. Les anneaux d'acier n'ont pas besoin d'être dressés sur leur surface extérieure, comme les viroles de fonte elles ne sont pas du système belge. Ces viroles de fonte ne travaillent qu'à un kilogramme et on aurait pu tout aussi bien réduire leur épaisseur sans nuire à la solidité ni à l'étanchéité du système, et à ce dernier point de vue l'emploi de la chemise de cuivre des Fontinettes est une solution bien plus élégante. D'ailleurs l'acier et la

Digitized by Google

fonte ont une élasticité différente; mais par cela même que la résistance est confiée à deux enveloppes, la sécurité est peut être plus grande que dans le système français, qui paraît du reste insuffisamment rigide dans le sens vertical.

Si des tassements, même légers, se produisaient dans le sol, ils pourraient amener des accidents très graves.

On ne peut songer à abandonner à lui-même, supporté par un piston unique, un sas tel que ceux qui viennent d'être décrits, car, dans le cours de son ascension, il se développe des forces horizontales qu'il serait dangereux de laisser agir sur le presse-étoupes. Ces réactions horizontales sont de plusieurs espèces: l'action du vent, les trépidations en produisent. Mais de plus, il est d'autres réactions qui se produisent normalement à chaque ascension. Ce sont, pour les deux ascenseurs, la poussée s'exerçant sur la porte aval du sas arrivé en haut de sa course quand la communication est établie avec le bief d'amont; et, pour l'ascenseur de la Louvière seulement, la poussée vers l'aval résultant de l'enfoncement d'un coin entre le sas et le bief supérieur pour former joint étanche. Aux Fontinettes la poche à air comprimé ne produit qu'une poussée insignifiante.

Il est donc évident qu'un fort guidage doit être établi, et, pour les deux ascenseurs, on a pensé avec raison que ce guidage devait être installé principalement sur la section transversale au milieu des sas; le guidage par les angles, devenu secondaire, devant d'ailleurs pouvoir permettre aux sas de se dilater en toute sécurité.

Aux Fontinettes les sas ne sont guidés qu'au centre et à l'amont. Aucun guidage n'est établi à l'aval. Les guides d'amont ont été fixés sur les faces latérales des culées des ponts-canaux.

Les guides du centre sont fixés sur trois tours carrées en maçonnerie de dimensions très robustes ($5^m,00 \times 2^m,50$ de section, $1^m,00$ d'épaisseur pour la paroi qui reçoit les guides). Ces guides sont constitués par de forts sabots d'acier formant saillie sur les sas, et qui embrassent des glissières en fonte encastrées dans les parois longitudinales des tours.

Les sabots d'acier ont une base rectangulaire de 700 millimètres de largeur sur 597 millimètres de hauteur et 60 millimètres d'épaisseur, avec une nervure centrale (du côté intérieur) de 120×40 de section, et des nervures latérales (faisant saillie intérieurement et extérieurement) de 200 hauteur et d'une épaisseur variant de 89 (au contact du bordé du sas) à 50 millimètres (à l'extrémité extérieure). Les sabots de 75 millimètres d'épaisseur forment une saillie de 410 millimètres sur cette base. Trois nervures horizontales de 30 millimètres d'épaisseur assurent la rigidité des sabots.

La base des sabots est boulonnée au bordé du sas; l'une des trois nervures horizontales est boulonnée à la semelle correspondante de la partie du sas, et au-dessus de la nervure opposée est boulonnée une cornière rivée au bordé du sas; de plus, des fers à double T, formés d'une âme de 250×12 et de quatre

Digitized by Google

cornières de $\frac{120 \times 120}{12}$, dont deux sont rivées sur le bordé du sas, font saillie sur ce bordé, à droite et à gauche des sabots à 1 mètre d'arc en arc; l'intervalle entre leurs semelles, sur la moitié de leur section qui se trouve du côté des sabots, est rempli par des prismes de fonte de 225×105 de section. On enfonce un coin dans l'espace existant entre les faces correspondantes de ces prismes et des nervures du sabot.

Il existe deux sabots semblables de chaque côté du sas, l'un en haut, l'autre en bas du bordé. Les fers à double T qui comprennent les deux sabots règnent de haut en bas.

Les glissières de fonte fixées aux tours sont formées de tronçons superposés de $3^m,20$ à $3^m,40$, elles ont une section de 160 de hauteur, leur plus grande largeur est de 215 à la base, et rétrécit à 100 environ au sommet. L'épaisseur de cette base est de 50 millimètres. De distance en distance ces glissières portent à droite et à gauche des oreilles percées de trous de 32 millimètres ou passent de boulons qui traversent le mur de la tour. Entre la glissière et la maçonnerie est un sommier de bois de 85 millimètres d'épaisseur. De l'autre côté du mur ; les deux boulons situés au même niveau passent encore dans une platine de fonte de 47 5 de longueur sur 100×20 de section.

Les guides d'amont sont des sabots d'une section assez semblable à celle d'un rail Vignole; la base a 4 88 de longueur sur 700 de hauteur et une épaisseur variant de 50 à 75; l'âme du sabot a 50 de largeur, et le champignon 100 millimètres. La hauteur totale de la section transversale du sabot est de 240 millimètres. Il est consolidé par trois nervures horizontales de 50 millimètres d'épaisseur.

Les glissières jusqu'au dessous du niveau des aqueducs fixes, sont des plaques de 170 millimètres de largeur et 60 d'épaisseur, portant des oreilles où passent des boulons de 150 millimètres de diamètre. Des sommiers de bois de 100 millimètres d'épaisseur et 500 de largeur totale sont placées entre les glissières et les maçonneries. Au niveau de l'aqueduc fixe, sur une hauteur de $3^m,40$ environ, ces glissières portent une face perpendiculaire à la première, de 125 millimètres de hauteur sur 50 de largeur. L'emploi de cette disposition est nécessitée par la poussée vers l'aval dont on a déja parlé, et qui se produit lorsque le sas est en communication avec le bief d'amont. Les guides viennent buter contre cette saillie, et les guides du milieu sont soulagés. D'ailleurs pour assurer la stabilité de la glissière sous cette poussée, on prolonge les deux dernières oreilles du côté amont, ainsi que les sommiers au niveau de ces oreilles; dans chaque prolongement sont fixés deux boulons. Enfin deux tirants plats de 60×12, placés au sommet et au pied de l'aqueduc, sont fixés d'une part au montant extrême de l'aqueduc fixe, de l'autre à la glissière.

Digitized by Google

A La Louvière, les sas sont guidés au centre, à l'amont et à l'aval.

Les guides d'amont et d'aval sont constitués par des glissières verticales en fonte de $3^m,45$ de hauteur, dont la section serait celle d'un U à branches inégales, renforcé par des nervures. La grande branche de l'U a 350×30, la petite 100×40, et le raccord, de 370 de longueur, à une épaisseur variant de 30 à 40. Les nervures, de 30 d'épaisseur, sont au nombre de 14.

Les glissières s'appuient contre des guides fixés à la maçonnerie des cales et à des tours métalliques établies au droit des extrémités amont et aval des sas.

Ces guides sont constitués, sur les tours, par deux cornières, l'une de $\frac{140 \times 100}{20}$ l'autre de $\frac{150 \times 105}{13}$, placés à la suite l'une de l'autre, et entre lesquelles la petite branche du fer en U irrégulier qui constitue la glissière peut se déplacer librement sous l'action des variations de température.

Dans la paroi de cale, il n'existe plus qu'une seule de ces cornières, celle de $\frac{140 \times 100}{20}$ placé dans une rainure de 300×145 ménagée dans la maçonnerie, et dont le fond est recouvert d'une tôle de 300×10. La petite branche de la glissière peut se déplacer entre l'aile libre de la cornière et l'une des parois de la rainure.

Les guides du centre sont constituées par des glissières verticales en tôle d'une hauteur plus grande, $7^m,77$, et d'une section différente.

Les glissières proprement dites sont formées de deux cornières de $\frac{140 \times 100}{20}$ placées symétriquement de façon à former un fer en U rivées sur une plaque de 280×15, formant semelle d'un fer à double T dont l'âme est de 355×10 et les cornières de $\frac{85 \times 85}{9}$. Les deux cornières opposées à la semelle dont il vient d'être parlé sont rivées à l'âme extérieure de la poulie correspondante; (cette âme est pleine au droit de la glissière). Des goussets horizontaux de 10 millimètres d'épaisseur, espacés de $0^m,50$ et des cornières de $\frac{85 \times 85}{9}$ consolidant le système.

Les guides sont des rainures formées par deux cornières de $\frac{140 \times 100}{20}$ espacées de 0,286, et rivées sur une tôle de 12. Il existe ainsi un jeu de 6 millimètres entre la largeur de la glissière et celle de sa rainure.

Aux Fontinettes les tours sont en maçonnerie; leur aspect robuste s'harmonise très bien avec celui des poutres à âme pleine des sas.

A La Louvière au contraire, les tours sont métalliques; ce sont des charpentes dont l'aspect léger s'harmonise avec celui des poutres à treillis supportant les sas.

On voit donc que deux idées très différentes ont présidé au choix de la forme extérieure des deux ascenseurs, et qu'une fois ces idées bien arrêtées, elles ont été appliquées par les moyens les plus convenables dans les deux cas.

Digitized by Google

Dans les deux ascenseurs, les sas abaissés sont reçus dans une cale sèche en maçonnerie dont la section longitudinale affecte la forme de la plate-bande inférieure des pointes du sas.

Cette cale est divisée en deux compartiments correspondant aux deux sas par un massif central, arasé au niveau de la plate-bande supérieure des sas abaissés.

On ne décrira pas ici les fondations des cales ou des culées des aqueducs, qui n'offrent rien de bien particulier. On a déjà dit que les tours centrales des Fontinettes étaient fondées sur pilotis. Il en est de même pour les culées amont des aqueducs de cet ascenseur; les culées aval ont été fondues à l'air comprimé.

A la Louvière, toutes les fondations sont faites simplement sur une couche de béton.

Appareils servant à enlever l'eau des cales

Aux Fontinettes, pour enlever les eaux qui tombent dans les cales, on se sert d'une pompe centrifuge actionnée, soit par une turbine spéciale à axe horizontal, soit par une machine à vapeur à pilon, dans le cas où le bief d'amont est à sec.

Le tuyau d'aspiration se divise en trois branches qui se rendent, la première dans un puisard creusé au milieu du côté droit de la cale de gauche, les deux autres dans les cuvelages des grandes presses.

La pompe centrifuge peut élever 70 mètres cubes à l'heure du fond de la cale au niveau du bief d'aval, soit sur une hauteur de $10^{m},65$.

A la Louvière, on se sert d'une pompeuse hydraulique, empruntant sa force motrice à l'accumulateur pour l'épuisement des cales, et de deux petites pompes d'épuisement, empruntant également leur force motrice à l'accumulateur, pour vider complètement les puits.

La pompeuse hydraulique peut élever à l'heure 8 mètres cubes du fond de la cale au niveau du bief d'aval. Sa marche est réglée automatiquement de façon à fonctionner dès que les eaux, arrivant dans les puits, atteignent le niveau du bord supérieur des cuvelages en fonte, et s'arrêter dès que le plan d'eau descend à $0^{m},25$ au-dessous de ce niveau.

Les petites pompes d'épuisement des puits peuvent chacune entraîner 5 mètres cubes d'eau à l'heure.

Digitized by Google

Cabestan hydraulique

Dans les deux ascenseurs, les bateaux franchissant la dénivellation d'aval en amont, ont à parcourir, après le sassement, toute la longueur d'un aqueduc de raccordement, à section étroite, et l'effort de traction devient alors de beaucoup supérieur à celui qui doit être déployé en temps normal. C'est pourquoi on a installé à l'amont des ascenseurs, un cabestan hydraulique. A la Louvière, les bateaux qui descendent vers l'aval ont aussi à franchir un raccordement métallique à section étroite, et un autre cabestan est établi à l'aval de cet ascenseur.

En se servant de cabestans hydrauliques, la durée totale d'une manœuvre, pendant laquelle on fait passer deux bateaux, est de 20 minutes aux Fontinettes, dont 5 minutes pour l'ascension et la descente des sas.

A la Louvière, la durée des mêmes manœuvres n'est que de 15 minutes, dont 3 pour le mouvement des sas.

Les dépenses de l'ascenseur de Fontinettes se répartissent comme il suit :

Acquisition de terrains et bâtiments.	165 017 32
Fondations à l'air comprimé de la culée aval du pont-canal ou mur de fuite	97 000 08
Terrassements et maçonnerie (entreprise)	583 492 70
Partie métallique, y compris le fonçage des puits	831 102 00
Honoraires et droits de brevet de M. Edwin Clark	47 670 00
Somme à valoir pour épuisements, dépenses en régie, surveillance, manœuvre de l'appareil pendant le délai de garantie. .	145 717 90
Total approximatif. . . .	1 870 000 00

Il faut noter que la position de l'ascenseur de Fontinettes était commandée et imposait des sujétions nombreuses : expropriation de bâtiments et de terrains d'une grande valeur, ouverture d'une dérivation dans un remblai élevé, passage au-dessus d'un chemin de fer, fondations difficiles. De plus, l'Administration des ponts et chaussées a traité avec la maison Cail, à un moment où le prix des métaux était très élevé. On estime que, dans ces conditions défavorables, la construction d'un ascenseur analogue ne dépasserait guère 1 400 000 francs.

Les dépenses de construction de l'ascenseur de la Louvière se répartissent de la façon suivante :

Digitized by Google

Acquisition de terrains.	11 275 00
Terrassements, établissements de puits cuvelés pour les presses, maçonneries de l'ascenseur proprement dit, bâtiment des machines	402 165 36
Bâtiment pour le logement des aides machinistes	26 891 68
Partie métallique, y compris les machines	999 060 71
Frais de brevets et d'études des ingénieurs L. Clark, Standfield et Edwin Clark	65 586 61
Somme à valoir pour les frais de surveillance, de commissions, etc.	145 020 64
Total approximatif. . . .	1 650 000 00

Digitized by Google

PORTES DES ÉCLUSES

du canal du Havre à Tancarville

Le canal du Havre à Tancarville aboutit dans la Seine par un sas de 180 mètres de longueur et de 30 mètres de largeur, compris entre deux écluses de 16 mètres de largeur, qui sont fermées chacune par deux portes flottantes, à un seul vantail, analogues aux bateaux-portes des formes de radoub; elles ne diffèrent des bateaux-portes que parce qu'elles sont munies à une extrémité d'un tourillon et d'une crapaudine. La « porte d'èbe » a pour objet de retenir à basse mer le plan d'eau du canal. La « porte de flot » empêche les eaux de la Seine de pénétrer dans le canal lors de la pleine mer.

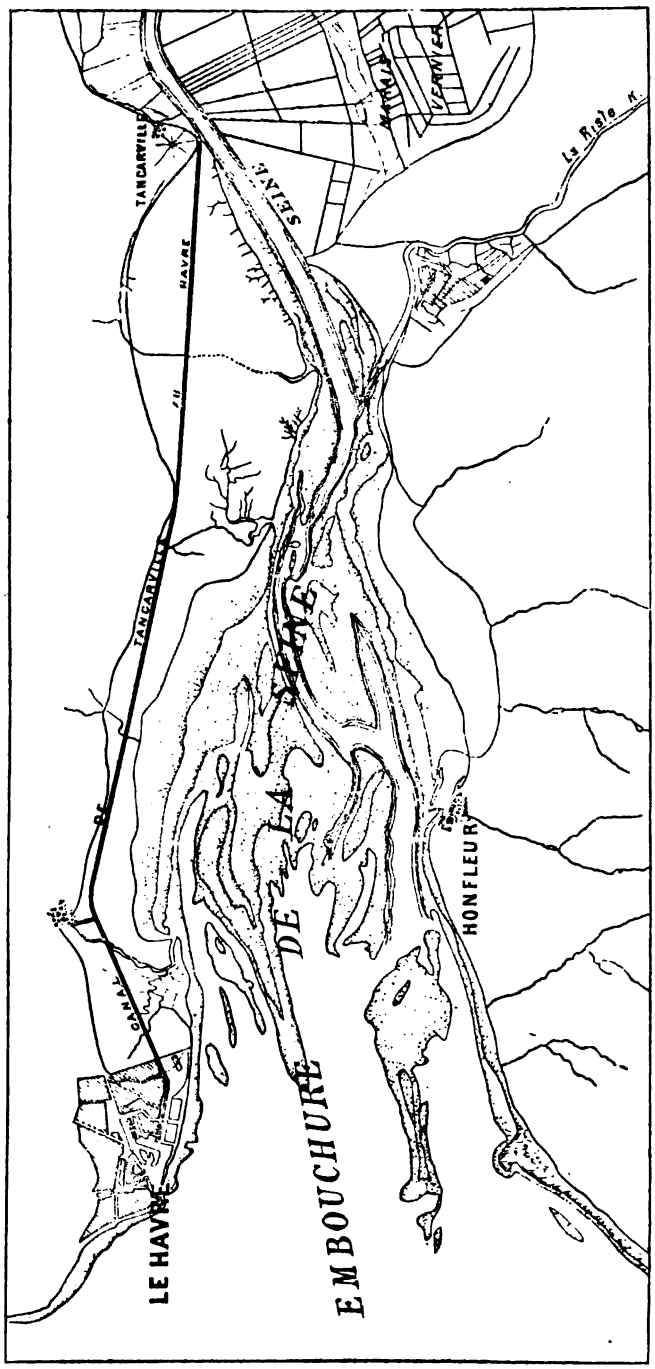
Le niveau de la Seine peut en effet s'élever en vives eaux jusqu'à la cote $9^m,15$, et descendre jusqu'à $2^m,75$, tandis que le plan d'eau du canal est à la cote $7^m,15$. Toutes les cotes sont rapportées au zéro des cartes marines au Havre.

Les portes sont établies de façon qu'elles descendent de 20 centimètres en contre-bas du seuil des écluses, et leur partie supérieure a été placée à 5 centimètres au-dessus du niveau maximum qu'elles doivent maintenir. Les hauteurs respectives des portes de flot ont été, par conséquent, fixées à $9^m,85$ et $9^m,25$, et celles des portes d'èbe à $7^m,85$ et $7^m, 25$; leur longueur totale est de $18^m,75$. Le seuil de l'écluse Est, qui sépare le sas de la Seine, est en effet fixé à la cote de $0^m,45$; le seuil de l'écluse Ouest, qui sépare le sas du canal, est fixé à la cote $0^m,15$. (La figure 1 représente le plan de l'écluse Est).

La plus grande largeur a été fixée à $4^m,65$, de telle sorte que la porte soit en retraite de 20 centimètres sur les parements des bajoyers, lorsqu'elle est logée dans son enclave.

Chacune de ses portes est construite de manière à flotter, quelle que soit la hauteur à laquelle l'eau s'élève au-dessus de son niveau minimum, qui est celui des basses mers de vive eau ($2^m,75$); on a placé à ce niveau une poutre horizontale, à âme pleine, formant pont étanche, et constituant, avec la partie inférieure de la porte, une caisse qui contient le lest, et dans laquelle l'eau ne doit jamais pénétrer. Sur cette poutre horizontale, sont fixées trois poutres verticales

Digitized by Google



NAVIGATION DE LA BASSE-SEINE.
CANAL DU HAVRE A TANCARVILLE.

Digitized by Google

à treillis KKK (Voir les planches de la'tlas), reliées par deux ceintures horizontales; celles-ci supportent les membrures sur lesquelles sont rivées les tôles de bordage.

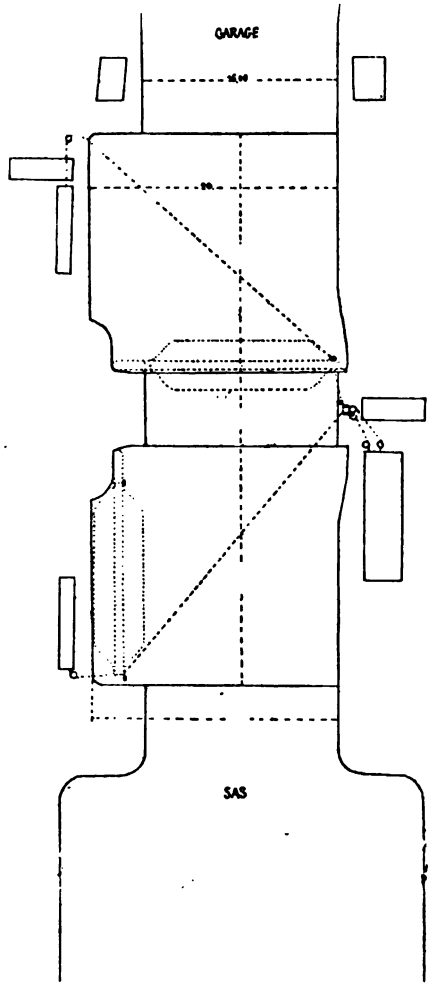


Fig. 1. — Plan de l'écluse Est du canal de Tancarville.

Dans le sens longitudinal, les parois sont parallèles sur une longueur de 10m,30; elles se terminent, vers chaque extrémité, par des parties courbes symétriques de 2m,70 de longueur, de telle façon que la distance entre les parois de la porte se trouve ramenée à 70 centimètres sur tout le pourtour. Le poteau-tourillon est formé par un caisson rectangulaire de 70 centimètres de largeur et 2m,70 de longueur, sur lequel sont fixés le tourillon et la crapaudine en fonte donnés en détail par les figures ci-jointes (2 à 5).

Digitized by Google

Enfin, les fourrures en bois, fixées sur la face aval de la porte, assurent l'étanchéité du contact avec les feuillures.

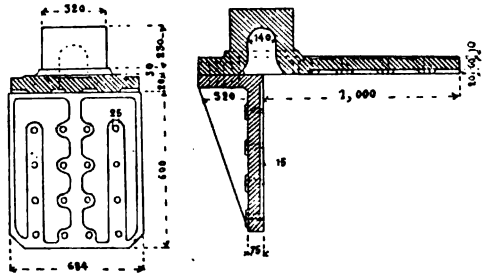


Fig. 2-3. — Coupe du tourillon de la porte d'écluse.

Des aqueducs en fonte, munis de vannes de fermeture (Voir les planches) permettent à l'eau d'amont de pénétrer librement dans la porte, au-dessus du

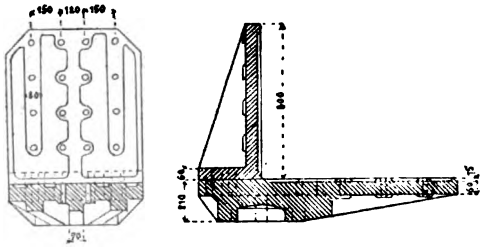


Fig. 4-5. — Coupe de la crapaudière.

pont étanche. En service, ces aqueducs sont toujours couverts; les vannes sont suspendues au-dessus de leurs châssis par des chaînes accrochées aux traverses supérieures sur lesquelles repose le plancher. On ne les baisse que lorsqu'il est nécessaire de soulever les portes pour les déplacer.

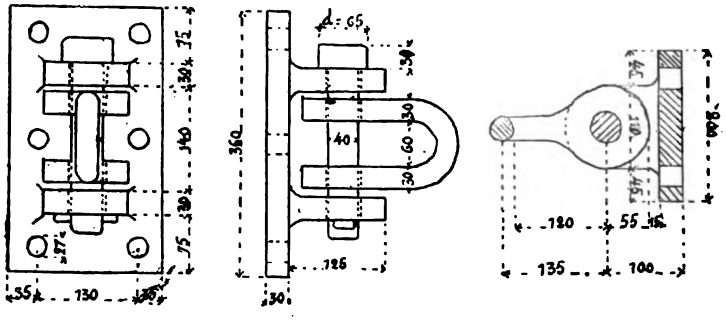


Fig. 6-7-8. — Attache sur la porte de la chaîne de manœuvre.

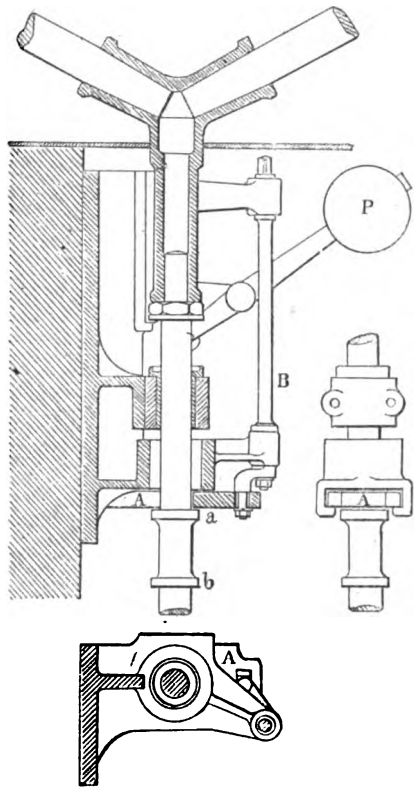
Des cheminées en tôle s'élèvent du pont étanche jusqu'à la partie supérieure de la porte. Elles contiennent une échelle en fer, et permettent de descendre

Digitized by Google

à n'importe quel moment dans la caisse inférieure pour manier le lest ; ces cheminées sont ordinairement fermées par un couvercle en fonte. On peut, au besoin, pénétrer dans la chambre au-dessus du pont étanche, en levant un des panneaux qui composent le plancher.

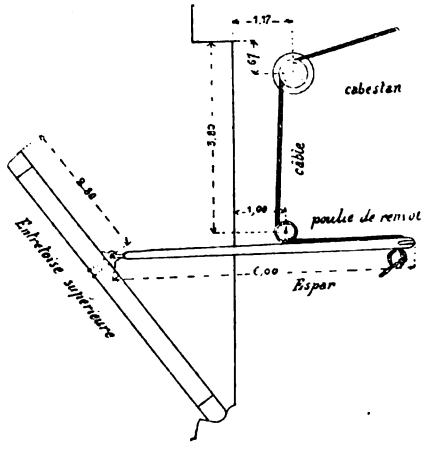
Les portes ont été construites dans les écluses mêmes, tenues à sec au-moyen d'épuisement. Le poteau-tourillon a été seul fabriqué à l'usine.

Pour enlever une porte, en cas de réparation, on fermera les vannes des aqueducs au moment de la basse mer ; la mer montante soulèvera le vantail qu'on aura eu soin d'amarrer au flanc d'un chaland, pour éviter toute espèce d'accident. On le conduira dans une forme de radoub du Havre. Au retour, on l'amènera au-dessus de son pivot un peu avant la basse mer dnot on profitera pour assembler le collier. On soulèvera ensuite les vannes des aqueducs. Ce déplacement d'une porte est d'ailleurs une opération délicate qui ne devra être faite que dans le cas où il serait impossible d'exécuter sur place les réparations.



Coupe verticale et horizontale du débrayage.

Les portes sont manœuvrées à l'aide d'appareils hydrauliques actionnant des chaînes dont les attaches sur le vantail sont représentées en détail par les figures ci-contre (6, 7, 8).



Manœuvre à bras des portes d'écluse

Ce nouveau système de porte présente, sur celui des portes busquées généralement employées, les avantages suivants :

Lorsque les fondations sont faciles, il y a économie dans les maçonneries, parce qu'on n'est pas obligé d'augmenter l'épaisseur des bajoyers vis-à-vis des poteaux-tourillons ;

Digitized by Google

Les chardonnets courbes sont remplacés par des feuillures planes qui coûtent moins cher à établir ;

Enfin, elles ont l'avantage sur les portes busquées, que l'étanchéité est plus grande, puisque, avec un seul vantail, la pression seule suffit à l'assurer; la manœuvre en est plus simple, et la houle est moins dangereuse pour un seul vantail, qu'elle ne peut que faire battre par sa feuillure, tandis que les portes busquées sont soumises à des chocs violents qui les détériorent.

Écluses de Bougival.

(Avec planches).

Dispositions générales. — Les travaux des écluses de Bougival ont été commencés en 1879, en exécution de la loi du 6 avril 1878 qui approuvait les travaux nécessaires pour réaliser dans la Seine un mouillage de $3^m,30$ entre Paris et Rouen. La dérivation de Bougival comprend deux écluses accolées, l'une pour les convois, l'autre pour les bateaux isolés. Tous les appareils, sauf les ventelles des portes, sont mûs par l'eau sous pression et reçoivent leur puissance d'un accumulateur où l'eau est refoulée sous la pression de 60 atmosphères au moyen de turbines fonctionnant dans la chute du barrage de Marly.

L'axe de la nouvelle dérivation est parallèle à celui de l'ancienne écluse de Bougival et situé à 50 mètres sur la gauche.

Le sas de la grande écluse a 220 mètres de longueur utile sur 17 mètres de largeur. Les portes ont 12 mètres de largeur. Cette écluse renferme la chaîne du touage et peut contenir dix-sept péniches des canaux du Nord et un remorqueur ou un toueur. La longueur de 220 mètres a été fixée par la décision ministérielle du 7 février 1879, au lieu de celle de 140 mètres adoptée pour les écluses situées en aval de l'Oise, à cause du grand trafic entre l'Oise et le canal de Saint-Denis, dans le but de pouvoir sasser en une seule éclusée le plus grand convoi remorqué habituellement par le toueur. Le sas de la petite écluse a $41^m,60$ de longueur utile et $8^m,20$ de largeur ; il sert au passage de bateaux isolés (porteurs à vapeur, bateaux de voyageurs, etc.) ; ces deux écluses permettent le sassement de bateaux calant 3 mètres.

Quant à l'ancienne écluse, qui a $113^m,50$ de longueur utile sur 12 mètres de

Digitized by Google

largeur, elle peut contenir six péniches calant seulement $1^m,36$ et sert généralement à la descente des bateaux vides.

Les portes des nouvelles écluses qui supportent une chute de $3^m,20$, sont de bois de *pitch-pin*, sauf le cadre qui est en chêne, et font un excellent service; elles comportent quatre ventelles levantes à jalousie, qui comportent pour chacune des deux écluses un débouché total de $3^{m2},43 = [4 \times 1^m,30\ (2 \times 0^m,33)]$.

Outre ces ventelles, des aqueducs ménagés dans la maçonnerie à côté de chacune des portes, et contournant les chardonnets, contribuent pour une large part à la rapidité du remplissage et de la vidange des sas, qui doivent recevoir et évacuer respectivement 13800 mètres cubes et 1 750 mètres par éclusée.

Ces aqueducs voutés ont tous $3^m,12$ de hauteur sous clef et leurs largeurs sont : $1^m,55$ pour la grande écluse de $1^m,13$ pour la petite ; ils sont fermés par les vannes en fonte à jalousie, dont les trois orifices, parfaitement évasés dans tous les sens, ont une section totale de $4^m,80$ pour les deux aqueducs de la grande écluse et de $3^m,50$ pour les aqueducs de la petite écluse.

Quoique la section des aqueducs soit beaucoup plus grande (9^{m2} et $6^{m2},50$), la réduction produite par l'emploi des vannes à jalousie n'augmente pas la durée des sassements, parce qu'il est impossible d'utiliser toute la section des aqueducs, dont le débit serait beaucoup trop grand et occasionnerait des chocs graves entre les bateaux.

Deux des vannes de la grande écluse, une à l'amont et l'autre à l'aval, sont munies d'appareils de manœuvres à bras pour assurer le service en cas d'accidents pouvant survenir à la conduite de pression ou à la machinerie.

Appareils hydrauliques. — L'emploi des appareils hydrauliques aux écluses de Bougival a été fait notamment en vue de l'introduction rapide de trains de 12 à 15 bateaux dans la grande écluse. Cette installation a été faite à titre d'essai aux écluses de Bougival, d'une part, en raison de leur situation entre l'Oise et le canal Saint-Denis, où le trafic est plus considérable que partout ailleurs et d'une autre part, parce qu'il existe à Bougival une chute permanente qui, en hautes eaux, ne descend pas au-dessous de 70 à 80 centimètres, sans que les bajoyers des écluses ne soient submergés, à cause du seuil élevé que la machine de Marly a maintenu jusqu'à ce jour dans le bras gauche.

L'ensemble du système comprend :

1° La machinerie et l'accumulateur ;

2° La canalisation ;

3° Les appareils de manœuvre, cabestans, presses de manœuvre des portes et celles des vannes des aqueducs.

Machinerie et accumulateurs. — Les installations de la machinerie comprennent :

Digitized by Google

1° Deux turbines actionnées par la chute du barrage de Marly ;

2° Deux batteries de pompes foulantes mues par ces turbines ;

3° Un accumulateur dans lequel l'eau est refoulée à la pression de 60 atmosphères par les pompes précédentes ;

Ces appareils sont placés dans un bâtiment construit sur la culée droite du barrage de Marly.

Turbines. — Les turbines sont du type Fontaine-Baron ; leur puissance est de 14 chevaux pour chacune. Elles sont mues par une chute pouvant varier de $2^m,30$ à 80 centimètres, avant que les bajoyers ne soient submergés et la navigation interrompue ; leur débit, variable avec la chute, n'est limité que par les orifices distributeurs des couronnes et par les vannages régulateurs.

Le diamètre mesuré au milieu des aubes est de $1^m,60$.

Le pivot placé à la partie supérieure est du système Arson. Les orifices du distributeur sont ouverts ou fermés, totalement ou partiellemont, à l'aide d'une bande de cuir s'enroulant sur deux troncs de cône que l'on manœuvre du rez-de-chaussée de la machinerie.

Pompe de compression. — Chaque turbine actionne au moyen d'engrenages une batterie de trois pompes de compression, à pistons plongeurs et à simple effet.

Le nombre de tours par minute est de 23 à 45, et le volume d'eau refoulé par seconde de 1 l. 372 à 2 l. 205.

On n'emploie habituellement qu'une seule turbine et une batterie de pompes, mais en alternant tous les jours ; le second système sert de rechange.

C'est seulement lorsque la chute est réduite au minimum par une crue qu'il est nécessaire de mettre en marche simultanément les deux turbines et leurs pompes.

Bâche d'alimentation. — L'eau refoulée dans l'accumulateur par les pompes de compression est empruntée à une bâche d'alimentation en tôle, placée à l'étage du bâtiment de la machinerie, et pouvant contenir 6 mètres cubes d'eau.

Cette bâche est alimentée :

1° Par l'extrémité de la conduite de retour ;

2° Par un tuyau la mettant en communication avec les pompes élévatoires dont il sera question ci-après.

Elle est munie d'un tuyau alimentaire des pompes de compression, d'un tuyau de trop plein et d'un flotteur de niveau avec aiguille indicatrice et échelle divisée.

Pompes élévatoires. – Une pompe élévatoire est attelée à chaque turbine pour compenser les pertes du tuyautage et des joints des appareils ; elle est scel-

Digitized by Google

lée sur la paroi du puits de la turbine et actionnée par un excentrique calé sur l'arbre des pompes de compression.

Les dimensions de ces pompes élévatoires sont :

Course	0m, 150
Diamètre du piston	0 140
Volume d'eau fourni par un coup double . . .	00460

L'eau de la Seine à Bougival, très souillée par les égouts de Paris, traverse d'abord un filtre formé de couches alternatives de charbon, de gravier et d'éponges, avant d'arriver dans la bâche.

Accumulateurs. — L'eau refoulée par les pompes s'emmagasine dans un accumulateur Armstrong, d'une capacité de 700 litres, lesté pour une pression de 60 kilogrammes par centimètre carré. Cet accumulateur se compose de quatre parties principales, savoir :

Une plaque de fondation en fonte, avec brides et tubulure établissant la communication avec le tuyautage des pompes de compression ;

Un cylindre vertical, en fonte, de 45 centimètres de diamètre intérieur, boulonné sur la plaque de fondation et muni, à sa partie supérieure, d'un presse-étoupes formant le joint avec le plongeur ;

Un plongeur cylindrique de 43 centimètres de diamètre extérieur et de 5 mètres de course, muni à la partie supérieure d'une forte traverse supportant une caisse de lest et guidé par deux montants verticaux sur lesquels s'enfourchent les extrémités de la traverse.

Une caisse de charge, ayant 3m,012 de diamètre et 5 mètres de hauteur ; cette caisse repose sur un châssis en chêne, lorsque l'accumulateur est vide ; sa course est limitée à la partie supérieure du bâtiment par des traverses de butée en chêne.

Appareils de sûreté. — L'accumulateur est complété par les appareils ci-après :

Une soupape d'évacuation à levier et contrepoids, manœuvrée par la caisse de charge elle-même, lorsqu'elle arrive au 7/10 de sa course, afin de donner issue à une partie de l'eau fournie en excès, pour limiter l'ascension du plongeur ; cette eau est ramenée par un tuyau spécial dans la bâche d'alimentation ; une soupape de sûreté, intercalée sur la conduite de distribution à peu de distance de l'accumulateur, est disposée de façon que, s'il se produit une dépression brusque dans la conduite de distribution, elle se ferme automatiquement, et arrête la descente de l'accumulateur. Des soupapes d'arrêt sont établies dans le bâtiment de la machinerie pour permettre d'isoler au besoin les différentes parties des conduites ; des soupapes de sûreté, fixées sur les bouchons extrêmes des calottes des pompes de compression, laissent échapper l'eau quand la pression vient à dépasser 60 atmosphères.

Digitized by Google

Vannage d'admission dans les puits des turbines. — Les aqueducs d'amenée des eaux du bief d'amont aux turbines présentent des coulisses fermées par des vannes levantes manœuvrées à bras, au moyen de crics installés dans l'intérieur du bâtiment des machines ; ces vannes servent à ouvrir ou intercepter l'accès de l'eau dans les chambres des turbines ; elles sont en bois et renforcées par des armatures en fer.

Cette canalisation comprend :

Le tuyautage de distribution d'eau sous pression ;

Le tuyautage de retour à la bâche d'alimentation.

La même eau circule constamment dans ces tuyaux, sauf les pertes qui sont compensées par le produit des pompes alimentaires.

Tuyautage de distribution. — Le tuyautage de distribution a été construit pour résister dans toutes ses parties à une pression de 60 atmosphères et pour conduire à chaque appareil la quantité d'eau nécessaire à son fonctionnement. Il comprend : entre le bâtiment des machines et la tête amont des écluses, en suivant le bajoyer de terre de la grande écluse, un tuyau en fonte de 70 millimètres de diamètre intérieur et de 21 millimètres d'épaisseur ; en amont de chaque tête d'écluse, un siphon en fer étiré de 75 millimètres de diamètre intérieur et de 7 millimètres d'épaisseur, placé à l'amont des chambres des portes et alimentant deux branchements placés sur le bajoyer intermédiaire et sur le bajoyer de rive droite.

Le branchement du bajoyer intermédiaire est en fonte de 7 centimètres de diamètre intérieur ; l'épaisseur est de 21 millimètres.

Le branchement du bajoyer de rive droite est en fer étiré de 5 centimètres de diamètre intérieur et de 5 millimètres d'épaisseur.

Les tuyaux de pression en fonte sont assemblés au moyen d'emboîtements et de brides, avec joints en gutta-percha serrés par des boulons. Les tuyaux de pression en fer étiré s'assemblent au moyen de brides taraudées (en fonte pour le branchement de rive droite et en fer forgé pour les siphons) entre lesquelles on interpose une rondelle de gutta-percha serrée par des boulons.

Tuyautage de retour. — Le tuyautage de retour comprend :

Sur le bajoyer de la petite écluse, un tuyau en fer étiré de 60 millimètres de diamètre intérieur et de 5 millimètres d'épaisseur ; sur le bajoyer intermédiaire et sur le bajoyer de la grande écluse, des tuyaux en fonte de 75 millimètres de diamètre intérieur et de 16 millimètres d'épaisseur et un siphon en fonte pour franchir les écluses.

Les tuyaux en fer sont assemblés avec des manchons taraudés ; les tuyaux en fonte sont à emboîtement, avec joints en gutta-percha.

Trois robinets d'arrêt sont ménagés le long de ce tuyautage.

Digitized by Google

Pression effective dans ces tuyaux. — A l'extrémité de la conduite de plus de 600 mètres de longueur, la pression est sensiblement la même que dans l'accumulateur ; il n'y a pas de perte de charge appréciable. La pression de 60 kilogrammes par centimètre carré baisse d'un kilogramme pendant une seconde, au moment de la mise en marche du dernier appareil, mais revient de suite à sa valeur primitive, et cela, quel que soit le nombre des appareils intermédiaires qui fonctionnent. Cette particularité tient à ce que le débit est assez faible, pour que la pression se transmette sans perte de charge sensible.

Emploi de la glycérine et du chlorure de magnésium en hiver. — En hiver, pour éviter la rupture des tuyaux par la congélation de l'eau, on ajoute à celle-ci 6 à 8 kilogrammes de glycérine ou de chlorure de magnésium par mètre cube d'eau. Bien que la glycérine coûte plus cher que le chlorure de magnésium, on l'emploie presque exclusivement, car elle lubréfie les mécanismes, alors que le chlorure de magnésium les corrode.

L'emploi de la glycérine n'est même plus nécessaire qu'exceptionnellement ; car des garnitures de fumier placées sur tous les appareils maintiennent la température intérieure à zéro, alors que celle de l'air descend à 7 ou 8 degrés au-dessous.

Appareils récepteurs placés dans les écluses. — Sur le tuyautage de distribution et le tuyautage de retour se branchent les appareils de manœuvre suivants :

1° Quatre appareils de manœuvre des portes de la grande écluse ;

2° Quatre appareils de manœuvre des portes de la petite écluse ;

2° Huit appareils de manœuvre des vannes des aqueducs pour le remplissage et la vidange des deux écluses ;

4° Dix cabestans placés sur les deux bajoyers de la grande écluse.

Appareils de manœuvre de la grande écluse. — L'appareil de manœuvre de chacune des portes de la grande écluse se compose d'un cylindre horizontal qui oscille autour d'un axe vertical, et dont le piston a un diamètre de 0,155 et est attelé sur l'entretoise supérieure de la porte, à deux mètres de l'axe du poteau tourillon. Ces pistons sont dits différentiels parce que, dans l'un des sens du mouvement, la pression étant la même sur les deux faces du piston, le mouvement n'est dû qu'à la différence des sections sur lesquelles agit la pression. Celle-ci existe toujours sur la face du piston placée du côté de la tige, c'est-à-dire sur la couronne annulaire, l'autre face, qui correspond à la section totale du cylindre, est mise alternativement en communication avec l'accumulateur ou avec la conduite de retour.

L'attache du piston se fait sur un axe vertical réglé par un double écrou qui

Digitized by Google

peut être relevé, pendant la durée du service, pour empêcher la flexion du piston, et l'œil de celui-ci est ovalisé, pour permettre les déplacements transversaux des vantaux dans leurs différentes positions.

Le diamètre de la tige est de 0,100.

Cet appareil est capable de produire sur la tige du piston un effort de 6 600 kilogrammes à la traction pour ouvrir le vantail, et de 4710 kilogrammes à la compression pour le fermer.

Chaque appareil comprend : sur le branchement de distribution, une soupape d'arrêt, sur le fond du cylindre, un robinet de purge d'air, deux robinets de vidange pour pouvoir au besoin vider le cylindre.

Appareils des portes de la petite écluse. — Les appareils des portes de la petite écluse sont également au nombre de quatre.

Ils sont du même type que les précédents, attelés aux portes dans les mêmes conditions, à $1^m,60$ de l'axe du poteau tourillon. Les principales dimensions sont :

Le diamètre du piston est de $0^m,128$, celui de la tige de $0^m,08$.

Cet appareil est capable d'exercer sur la tige du piston un effort de 4710 kilogrammes à la traction pour ouvrir le vantail, et 3016 kilogrammes à la compression pour le fermer.

Appareils de secours pour les manœuvres à bras des des portes d'écluse. — Les appareils de secours pour les manœuvres à bras sont indépendants des appareils hydrauliques. Chacun d'eux consiste en un espar de 6 mètres de long attelé sur un piton fixé à la partie supérieure de la porte et mobile le long d'une poulie-guide qui sert également de poulie de renvoi à un câble alternativement fixé à chaque extrémité de l'espar, soit pour l'ouverture, soit pour la fermeture, et frappé à l'autre extrémité sur l'un des cabestans. La manœuvre se fait par des hommes qui agissent sur des anspects que l'on enfonce dans des ouvertures ménagées à la partie supérieure de la poupée mobile du cabestan.

Un appareil complet comprend : un support fixe scellé dans les maçonneries ; une poulie mobile avec son arbre pouvant se fixer dans le support ; un espar ; un piton d'attache et un câble en chanvre.

Appareils de manœuvre des vannes des aqueducs de remplissage et de vidange des sas. — Les appareils de manœuvre des vannes des aqueducs de remplissage et de vidange des sas sont au nombre de huit. Ils sont semblables pour les deux écluses.

Chacun d'eux se compose d'un cylindre dans lequel se meut un piston différentiel, comme ceux des appareils des portes. La tige de ce piston actionne directement des vannes à jalousie dont l'ouverture permet l'introduction de l'eau dans le sas et son évacuation.

Digitized by Google

Chaque appareil est placé dans un puisard situé à l'aplomb de l'acqueduc qui débouche dans le sas. Une tige fixée latéralement à la tige du piston traverse la plaque de recouvrement du puits et constitue un index qui dépasse le couronnement de l'écluse d'une quantité égale, à chaque instant, à la hauteur d'ouverture de chaque orifice.

Les dimensions principales de chaque appareil sont :

Nombre des orifices des ventelles.	3
Dimensions de chaque orifice (section contractée avec évasement parfait dans tous ses sens) . .	$0^m,550 \times 1^m520$
Pour les vannes de la petite écluse, la largeur des orifices n'est que de	$1^m,05$
Course du piston.	0 ,550
Diamètre intérieur du cylindre	0 ,160
Diamètre de la tige du piston	0 .090

Ces appareils sont capables de produire sur la tige du piston un effort de 8 244 kilogrammes à la traction pour lever les vannes de la grande écluse, et 3 815 kilogrammes à la comprssion pour les fermer.

Pour la petite écluse, les résistances sont réduites dans la proportion des sections, soit de $1^m,55$ à $1^m,05$.

Appareils de manœuvre à bras des vannes des aqueducs de remplissage et de vidange du sas de la grande écluse. — Si pour une cause quelconque, la pression hydraulique ne pouvait être fournie aux appareils moteurs des vannes de remplissage et d'évacuation des sas, les acqueducs ne pourraient plus être utilisés; on serait réduit aux ventelles des portes, et il en résulterait une augmentation notable dans la durée de l'éclusée.

Pour obvier à cet inconvénient possible, on a installé des appareils de manœuvre à bras. Ces appareils de secours ne sont qu'au nombre de deux, un pour chaque tête de la grande écluse; ils sont placés dans les puisards des aqueducs du bajoyer de terre; l'immobilisation du second jeu de vannes n'augmente que de quelques minutes la durée de l'éclusée.

Chaque appareil de secours se compose : d'une vis sans fin verticale, mise en mouvement par des hommes agissant aux extrémités de deux anspects, emmanchés dans une forte clef à douille, que l'on place sur la tête carrée de l'arbre de cette vis. Celle-ci engrène avec une roue qu'elle met en marche autour d'un arbre horizontal. Aux extrémités de cet arbre, sont calés deux pignons qui commandent deux crémaillères verticales, auxquelles les vannes à jalousie sont attelées par l'intermédiaire d'un balancier horizontal.

L'arbre à vis sans fin est équilibré par un contrepoids P et muni de deux collets *a* et *b*, qui forment butée entre les branches d'un tiroir horizontal de calage A. Ce tiroir est lui-même mis en mouvement par un arbre vertical B, sur

Digitized by Google

lequel s'ajuste une clef à douille; lorsque la vanne est en bas de sa course, on ramène le tiroir A en arrière et on fait tourner l'arbre à vis sans fin au moyen des barres. Lorsque la vis est remontée, on repousse le tiroir A en place et l'arbre reste suspendu par le collet inférieur *b*. L'embrayage s'obtient par une manœuvre inverse de la précédente; c'est alors le collet supérieur *a* qui, en butant sur le tiroir A empêche la vis de remonter.

Cet appareil mû par deux hommes, exerçant chacun un effort de 19 kilogrammes, peut développer une traction ou une compression de 6000 kilogrammes nets, indépendamment des frottements. L'effort produit par ces appareils peut être porté à 8000 kilogrammes en augmentant le nombre d'hommes ou en les chargeant à 25 kilogrammes chacun.

Cabestans hydrauliques. — Ces cabestans, du système Armstrong, sont au nombre de cinq sur chaque bajoyer de la grande écluse. Chacun d'eux peut produire une traction de 1200 kilogrammes sur un câble remorqué avec une vitesse de 43 centimètres à la seconde, c'est-à-dire développer une puissance d'environ 7 chevaux-vapeur.

Ils se manœuvrent, soit à la main, soit au moyen de la pression hydraulique, par un simple débrayage.

L'appareil-moteur de chaque cabestan comprend trois cylindres horizontaux fixes, à simple effet, agissant sur un arbre à trois coudes qui commande, par un engrenage conique, la poupée du cabestan. La distribution se fait au moyen de tiroirs équilibrés à ressorts compensateurs.

L'eau sous pression est introduite dans les cylindres au moyen d'une pédale actionnant une soupape par l'intermédiaire d'un levier à contrepoids; cette soupape établit seule ou interrompt la communication entre le cabestan et le tuyau de pression, en sorte que ces appareils se manœuvrent sans clef par la simple pression du pied.

La poupée est entraînée par l'arbre vertical de commande au moyen d'un chapeau à griffes disposé en vue de manœuvres à la main.

Tous les organes délicats sont contenus dans une boîte qu'on peut fermer hermétiquement.

Le diamètre des pistons est de 0,105, leur courbe de 0,100.

Clapets d'arrêts et robinets de vidange adaptés à tous les appareils. — Les appareils de manœuvre des portes, ceux des vannes des aqueducs et ceux des cabestans sont tous munis de clapets d'arrêt et de robinets de vidange, pour pouvoir être isolés et vidés en cas de besoin.

Fonctionnement du système. — Le sas de la grande écluse de Bougival pouvant contenir 16 ou 17 péniches, en sus du toueur, ces bateaux ne peuvent

Digitized by Google

entrer tous dans l'écluse à la remonte par leur propre vitesse, car le train peut atteindre 1 kilomètre de longueur ; leur erre ne tarde donc pas à s'amortir.

Pour écluser un train montant de la Compagnie du touage, les manœuvres s'effectuent de la manière suivante : le toueur, n'entraînant avec lui que quatre bateaux, se place le plus près possible des portes d'amont et s'amarre contre le bajoyer de terre ; le bateau qui le suit se range seul à sa gauche et les trois autres, de front, immédiatement en arrière ; les autres bateaux sont ensuite halés au moyen de cabestans ; on attèle le premier des bateaux restants sur un cabestan du bajoyer et le suivant sur un cabestan du bajoyer extérieur, et on les hale jusqu'au droit de ces cabestans ; on porte ensuite les remorques sur les deux cabestans précédents et ainsi de suite jusqu'à ce qu'ils soient rangés.

On recommence la même opération pour les bateaux suivants, dont l'un vient s'intercaler entre les deux précédents, et on continue de la même manière jusqu'à ce que tout le train soit entré et rangé dans l'écluse ; les cabestans servent aussi aux manœuvres transversales, quand elles sont nécessaires. Cette manœuvre d'entrée des bateaux peut être exécutée en 20 ou 25 minutes. La fermeture des portes d'aval n'exige pas plus de 30 secondes.

Le remplissage du sas s'opère en ouvrant d'abord les ventelles des portes manœuvrées à bras, ensuite et progressivement les vannes des aqueducs d'amont, au moyen de pistons hydrauliques, à mesure que la chute diminue. Cette opération exige 15 minutes ; on pourrait l'abréger notablement en ouvrant complètement les vannes d'un seul coup : mais l'expérience a démontré qu'il ne fallait pas introduire dans le sas un cube de 13800 mètres d'eau en moins de 13 à 14 minutes, pour éviter les chocs des bateaux, soit entre eux, soit contre les bajoyers, ou la rupture des amarres.

On n'attend pas d'ailleurs que le sas soit plein pour ouvrir les portes ; car les dernières couches d'eau sont les plus longues à introduire et les appareils des portes peuvent les ouvrir sous une charge de 10 centimètres ; on gagne ainsi quelques minutes.

L'ouverture des portes d'amont absorbe 15 secondes seulement. Enfin le démarrage et la sortie des bateaux n'exige pas moins de 15 minutes.

On voit, en résumé, que pour le plus grand train que puisse contenir l'écluse, la durée totale de la manœuvre, depuis l'entrée du toueur en aval jusqu'à la sortie du dernier bateau en amont, est de 56 minutes et que, sur ce temps, 40 minutes sont absorbées par les manœuvres de rangement et de sortie. Pour un convoi de 8 à 10 bateaux, on peut opérer le sassement en 40 minutes ; pour un convoi de 2 à 3 bateaux, il suffit de 30 minutes ; enfin, par la petite écluse, un bateau à vapeur isolé sasse en 5 ou 6 minutes.

Dépense d'eau sous pression pour une éclusée complète. — Si l'on considère les deux écluses fonctionnant ensemble et si l'on suppose cinq cabestans

Digitized by Google

fonctionnant chacun sur 50 mètres de longueur, on trouve que la consommation d'eau est de 1 008 litres, soit 1 000 litres en nombre rond, excédant de 300 litres la capacité de l'accumulateur.

En sorte que, pour ce cas, la réserve de l'accumulateur devait être entretenue, mais cela n'a généralement pas lieu et d'ailleurs n'aurait pas d'inconvénient, puisque entre l'ouverture des portes et la fin du rangement des bateaux, il s'écoule environ 20 minutes et que l'accumulateur n'exige environ que 9 minutes pour se remplir.

En fait, les 700 litres de l'accumulateur suffisent toujours, car il est rare qu'on emploie cinq cabestans ou qu'ils agissent sur 50 mètres de longueur et que les deux écluses fonctionnent ensemble.

Capacité de trafic des écluses de Bougival. — On trouve, d'après l'étude de la durée des manœuvres, qu'on peut compter au maximum 2 heures pour deux éclusées de 16 péniches chacune, en sens contraire, comportant chacune 4 500 tonnes de marchandises; la grande écluse pourrait donc livrer passage, en fonctionnant jour et nuit, à $12 \times 4\,500$ tonnes $= 54\,000$ tonnes par jour dans chaque sens, ou 19 710 000 tonnes par an dans chaque sens, soit en tout 39 420 000 tonnes.

La petite écluse qui sert aux porteurs peut donner passage à 8 bateaux à l'heure, soit à 192 bateaux par jour de 24 heures, le chargement maximum moyen des porteurs actuels étant de 150 tonnes, on voit que le trafic annuel de la petite écluse peut atteindre $192 \times 150 \times 365$, soit 10 512 000 tonnes.

On voit que les nouvelles installations pourraient à elles seules, donner passage théoriquement à un trafic de 50 millions de tonnes par an.

Il reste enfin la vieille écluse qui peut être utile pour assurer le service en cas d'obstruction de la grande écluse.

Il ne faut pas oublier que les chiffres donnés plus haut sont des chiffres théoriques et que pour plusieurs raisons, ils ne sont jamais atteints. En 1887 on a atteint le chiffre de 3 millions, mais le tonnage va en croissant d'une façon constante depuis cette époque par la mise en service des travaux qui ont augmenté le tirant d'eau entre Paris et Rouen.

Dépenses de la nouvelle dérivation de Bougival. — Les dépenses faites pour la construction des nouvelles écluses de Bougival sont complètement réglées et soldées; elles ont été les suivantes, toutes entreprises, sommes à valoir et dépenses diverses de régie comprises :

Dépenses d'établissement des appareils hydrauliqnes. — Les dépenses d'établissement des appareils hydrauliques de manœuvre, ainsi que des bâtiments qui les contiennent, se sont élevées à 275 087 fr. 50, savoir :

Digitized by Google

Appareils de la machinerie et accumulateur . .	65.300 fr.	»
Canalisation	32.000	»
Appareils récepteurs sur les écluses	102.700	»
Fondations et maçonneries en rivières. . . .	41.000	»
Bâtiments	17.000	»
Menus travaux et remplacement des appareils de manœuvre des vannes primitives	17.087	50
Total	275.087 f.	50

Dépenses d'exploitation des appareils hydrauliques. — Les dépenses d'exploitation s'élèvent annuellement à 7200 francs environ et se décomposent ainsi qu'il suit : 6100 francs pour le traitement des deux mécaniciens qui habitent les bâtiments de l'État, et 1100 francs pour l'entretien et les fournitures pour menues réparations.

L'intérêt de 4 0/0 de la dépense de 275500 francs pour le premier établissement des installations hydrauliques ressort à 11000 francs; les frais d'entretien d'exploitation spéciaux à ces appareils, à 7200 francs; on voit donc que ces installations reviennent à 18200 francs environ; mais on doit retrancher de cette somme les salaires et indemnités de trois éclusiers supplémentaires au moins qui seraient nécessaires en l'absence des appareils hydrauliques, soit 4200 francs, en sorte que l'application de ces appareils coûte à l'État 14000 francs de plus que l'emploi d'appareils à bras.

D'autre part, la marine bénéficie largement de ces installations qui évitent l'emploi de chevaux pour ranger les trains dans les écluses; la Compagnie du touage a supprimé le service des chevaux qui lui coûtait à elle seule environ 8000 francs par an. Les autres entrepreneurs supportaient des frais analogues qui atteignaient plus de 1 franc par bateau entrant dans l'écluse, pour un tonnage qui dépasse actuellement celui qui est remorqué par la Compagnie du touage, en sorte que l'on peut dire que la dépense de ces appareils est absolument compensée par une économie égale faite par la batellerie.

Si l'on n'envisage que la dépense absolue, sans s'inquiéter de sa répartition entre l'État et la batellerie, on trouve que l'exploitation des nouvelles écluses au moyen des appareils hydrauliques ne coûte pas plus cher que celle de l'ancienne écluse avec des chevaux, pour un trafic supérieur (737105 tonnes), qui va s'accroissant tous les jours.

En résumé, on doit conclure :

1° Que l'application des engins hydrauliques à la grande écluse de Bougival constitue, par rapport à la manœuvre à bras d'hommes ou au moyen de chevaux, une amélioration considérable, sans laquelle l'exploitation de cette écluse serait très incommode et à peu près limitée au trafic annuel de 3 millions de tonnes, tandis que ce chiffre étant presque atteint en 1887, sera sans doute notablement dépassé dans quelques années.

Digitized by Google

2° Que la dépense qu'ils occasionnent, à titre d'établissement et d'entretien, est compensée par une économie à peu près égale faite par la batellerie, en sorte qu'au point de vue général, ces appareils sont avantageux, puisqu'ils permettront, sans dépense supplémentaire, l'exploitation des écluses avec un trafic de 5 à 6 millions de tonnes, tandis que les engins ordinaires n'auraient pu suffire au transit d'un pareil tonnage.

Digitized by Google

Barrage de Poses

Exposé de la situation matérielle de la Basse-Seine entre Paris et Rouen avant 1878.

Avant les travaux définis par la loi du 6 avril 1878, la navigation ne trouvait dans la Basse-Seine, entre Paris et Rouen, que des profondeurs tout à fait insuffisantes.

Le mouillage se maintenait alors, en moyenne, au-dessous de 1 mètre pendant dix jours par an ; entre 1 mètre et $1^m,50$ pendant quatre-vingt dix jours ; entre $1^m,50$ et 2 mètres pendant soixante-quinze jours.

On voit que le mouillage ne dépassait guère celui de 80 centimètres qu'offrait la rivière libre, à l'étiage, au commencement du siècle.

Cependant en 1875, sept barrages fonctionnaient déjà ; mais au moment de l'exécution des premiers travaux, on ne pouvait prévoir l'abaissement du niveau de l'étiage qui fut la principale cause du mécompte éprouvé dans cette première canalisation.

L'évaluation exagérée des remous avait conduit les auteurs des premiers projets à placer les niveaux des buscs aval des écluses à une altitude excessive, et à créer ainsi, en plus des seuils naturels que présentait le lit du fleuve, des seuils fixes, insuffisamment couverts par les retenues établies à l'aval.

De 1855 à 1875, de nombreux projets ont été préparés en vue de remédier à cette situation.

Nous n'insisterons pas sur ces différents projets.

Les succès obtenus par M. Poirée sur l'Yonne et sur la Seine à Bezons, le déterminèrent à présenter, en 1845, un projet de canalisation de la Seine, réalisant un mouillage de 2 mètres, au moyen de treize barrages éclusés dont la dépense était évaluée à 18 300 000 francs. Ce chiffre fut réduit par raison d'économie à 10 300 000 francs.

Dix ans après, il restait encore à construire une des retenues prévues au projet de 1845 (celle de Martot), lorsque l'administration, par une décision du 23 juin 1855, prit en considération un projet présenté par MM. Belgrand et de Lagalisserie, alors ingénieurs en chef de la Basse-Seine, pour porter le tirant d'eau à 3 mètres.

Ce fut seulement en 1866 qu'un décret ouvrit un crédit de 6 500 000 francs pour assurer enfin la réalisation des promesses de 1845 et porter à 2 mètres le tirant d'eau de la Basse-Seine.

Pour obtenir ce résultat, les travaux comprenaient :

Digitized by Google

1° la construction d'un nouveau barrage éclusé aux environs de Bonnières (Port-Villez) ;

2° l'exhaussement et la réparation des ouvrages des retenues de Meulan, de Notre-Dame-de-la-Garenne et de Poses.

On entreprit immédiatement la construction du barrage de Port-Villez, qui était le travail le plus important et le plus pressé du programme.

Cette entreprise ne fut terminée qu'en 1880.

La cause de ces retards était provoquée par la guerre de 1870 et aussi par les études des nouveaux systèmes de fermetures des passes.

La seconde partie du programme de 1866 n'était pas encore commencée en 1875, la raison en était que les ingénieurs hésitaient à remanier des ouvrages dont l'état de conservation causait de vives inquiétudes.

Dès lors on ne pouvait songer à opérer sur place l'abaissement des buscs aval des écluses. Dans ces conditions la question du tirant d'eau de 3 mètres revenait à l'ordre du jour.

En 1874 un projet fut présenté dans ce sens à l'administration par M. Krantz.

L'administration demanda alors un projet comparatif des travaux à exécuter pour les tirants d'eau de 2 et 3 mètres.

M. l'inspecteur général de Lagrené et M. l'ingénieur en chef Cheysson conclurent à l'adoption en principe du mouillage de $3^m,20$, qui, après enquête, fut déclaré d'utilité publique par la loi du 6 avril 1878.

Une des difficultés des projets antérieurs avait été de ne pas dépasser la limite de fonctionnement des organes mobiles, c'est ce qui avait conduit les auteurs des projets de 1866 à admettre le relèvement des seuils ; mais cette surélévation entraînait d'abord la suppression des passes profondes, si nécessaires à la navigation, et une diminution du débouché laissé aux crues.

Malgré cela, on était dans l'impossibilité de recouvrir les hauts fonds de Tosny et de la Mare, situés dans le bief de Poses et on avait dû prévoir la construction d'un nouveau barrage de 1 mètre de chute à Andé. Ce qui était une anomalie.

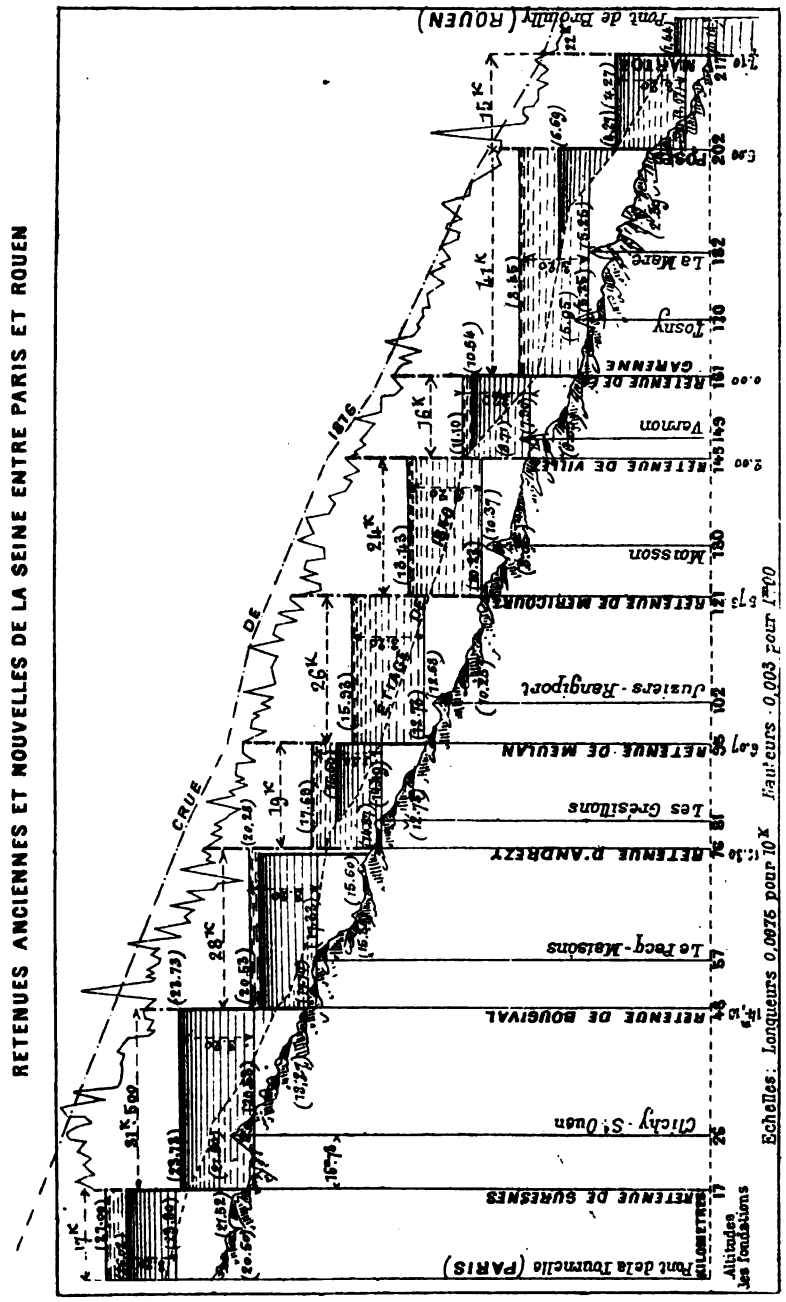
C'est alors qu'au cours des études relatives à la manœuvre des grosses aiguilles M. l'ingénieur en chef Caméré imagina un nouveau système de vannage mobile, au moyen de *rideaux articulés* et applicable à des hauteurs bien supérieures à celles que l'on pouvait rencontrer dans l'exécution des nombreux travaux de la Seine.

Ce vannage mis à l'essai le 27 avril 1876, aux barrages de Notre-Dame-de-l'Isle et de Notre-Dame-de-la-Garenne, fonctionna parfaitement dès le début ; son emploi permettait donc, en donnant 5 mètres de hauteur à la retenue de Poses, d'éviter le barrage projeté à Andé et, en outre, de faciliter la marche des bateaux en supprimant cette écluse.

On a, par suite, définitivement fixé à neuf le nombre des retenues nécessaires au mouillage de 3,20, soit deux de plus que celui des retenues construites pour obtenir le tirant d'eau de $1^m,60$.

Digitized by Google

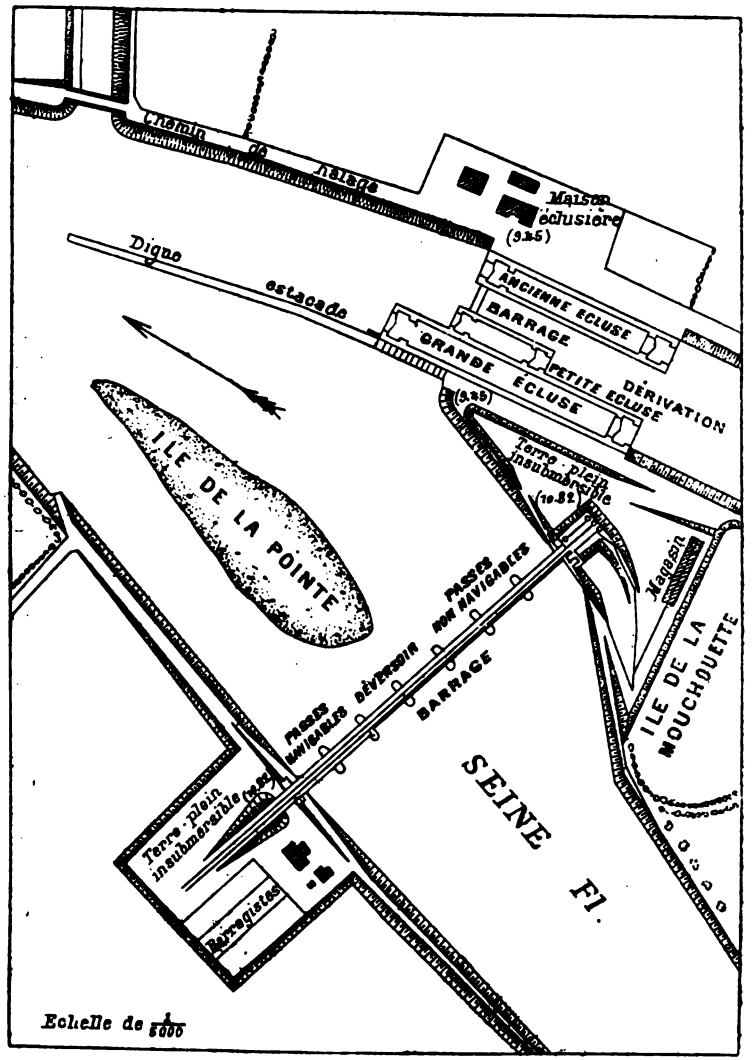
Le tableau ci-joint donne la situation des anciennes et des nouvelles retenues, ainsi que l'altitude des seuils des écluses.



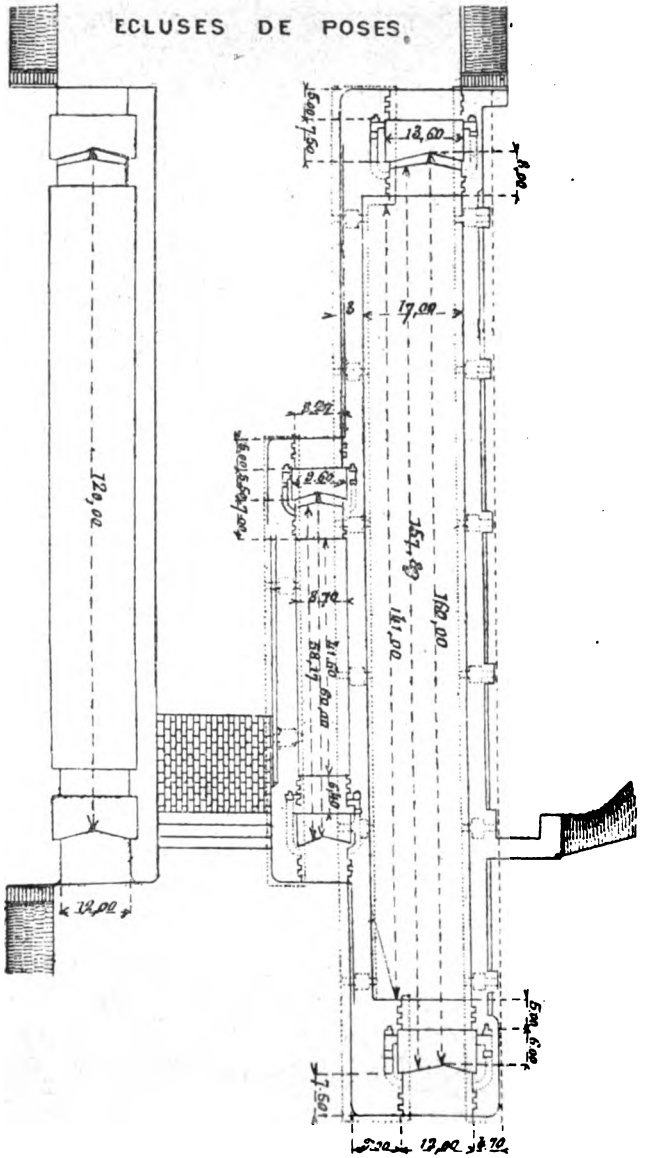
Les travaux exécutés dans chaque bief peuvent être résumés comme il suit :

Digitized by Google

RETENUE DE POSES



ECLUSES DE POSES.



Digitized by Google

Bief de Suresnes. — Nous n'entrerons pas dans de nouveaux détails au sujet de ce bief, puisqu'il fait l'objet d'un long article. Nous dirons seulement que c'est dans les passes surélevées qu'ont été appliquées les vannes inventées par M. l'ingénieur en chef Boulé.

Une nouvelle écluse a été construite, et l'ancienne aménagée suivant le nouveau type adopté.

Bief de Bougival. — Le travail a consisté seulement dans des dragages exécutés entre le pont de Clichy et celui de Saint-Denis.

Deux nouvelles écluses ont été construites et l'ancienne réparée pour servir à la batellerie.

Bief de Denonval-Carrières. — On a réalisé dans ce bief le tirant d'eau de 3 mètres par un relèvement de 25 centimètres et des dragages entre le Pecq et Maisons.

L'exhaussement de la retenue d'aval (Meulan) ayant diminué la chute à Denonval, on a pu conserver les anciennes fermettes.

On s'est contenté de les exhausser, pour placer la passerelle au-dessus du niveau de la nouvelle retenue.

L'ancienne écluse de Denonval présentait un accès difficile du côté d'aval ; deux nouvelles écluses ont été construites dans une courte dérivation à Carrières-sous-Poissy.

Bief de Meulan. — On a reconstruit le barrage immédiatement à l'amont de l'ancien, afin d'obtenir un relèvement de 1 mètre pour le niveau de la retenue qui peut ainsi convenablement couvrir le haut-fond des Grésillons.

Ce barrage comprend : deux passes surélevées et deux passes profondes navigables.

On a établi les passes surélevées d'après le type de Port-Villez, et les passes profondes d'après celui de Poses (rideaux appliqués sur des montants articulés à des ponts supérieurs).

L'ancienne écluse, dont les buscs n'étaient pas trop élevés pour le tirant d'eau de 3 mètres, a été consolidée et une nouvelle établie en dérivation dans le voisinage.

Bief de Mericourt. — Pour couvrir les hauts-fonds de Juziers et de Rangiport, on a établi à Mericourt une nouvelle retenue.

Elle comprend deux écluses et un grand barrage accolé à celles-ci.

Ce barrage comprend lui-même deux passes surélevées.

Les passes vées suréleont été établies suivant le type de Port-Villez, et les passes profondes suivant le système de Poses.

Bief de Port-Villez. — On a établi la retenue de façon à couvrir le haut-fond de Moisson ; les ouvrages comprennent une écluse et un barrage accolé. Le barrage est composé d'un déversoir et de passes.

Digitized by Google

Ce barrage est le premier dont les passes ont été fermées au moyen de rideaux articulés appliqués sur des fermettes.

Une seconde écluse, construite suivant le modèle de la grande écluse des autres retenues, doit compléter les ouvrages de cette retenue.

Bief de Notre-Dame-de-la-Garenne. — L'ancien barrage de Notre-Dame-de-l'Isle a été abandonné, ainsi que l'écluse qui était en très mauvais état, et présentait en outre un accès difficile en amont.

Pour couvrir les hauts-fonds de Vernon et diminuer le cube des dragages, le niveau de la retenue a été relevé de 56 centimètres.

Deux nouvelles écluses ont été établies en dérivation dans le voisinage de l'ancienne.

On a modifié sur place le barrage accolé à l'ancienne écluse. Les fermettes ont été exhaussées comme à Andrézy.

Le barrage est formé d'une travée de $46^{m},20$ de longueur, il est fermé par des aiguilles de $3^{m},08$ de hauteur.

Le barrage nouveau de Port-Mort, établi sur le grand bras de la rivière, comprend six passes.

Le seuil est arasé au même niveau dans toutes les passes, dont le vannage a $4^{m},30$ de hauteur.

Le barrage est construit suivant le type de Poses.

Bief de Poses.— Pour éviter des dragages excessifs, on a relevé de $1^{m},76$ le niveau de l'ancienne retenue, afin de couvrir les hauts-fonds de la Mare et de Tosny.

Par suite de ce relèvement, la reconstruction des anciens barrages était forcée, leur état, du reste, n'était pas très satisfaisant.

L'écluse était insuffisante pour le tirant d'eau de 3 mètres, parce que son busc aval était trop élevé. On a donc construit deux nouvelles écluses sur l'emplacement d'une partie du barrage accolé à l'ancienne écluse. (Voir les deux plans ci-joints).

L'ancienne écluse est réservée pour la petite batellerie, tant que son état de conservation le permettra.

On a construit le barrage au droit des écluses. Il se compose de cinq passes profondes, dont deux, celles de la rive gauche, sont affectées à la navigation lorsque le barrage est ouvert, et de deux passes-déversoirs.

Bief de Saint-Aubin. — On n'a pas modifié le niveau de la retenue de Saint-Aubin.

Deux nouvelles écluses ont été construites en dérivation, et l'ancienne, dont l'état de conservation laisse à désirer, sera maintenue en service tant que cela sera possible.

Bief de Rouen. — Autrefois le flot de la marée se faisait sentir jusqu'à Poses, il est arrêté maintenant par la retenue de Saint-Aubin.

Digitized by Google

La construction d'un nouveau barrage éclusé, près de Rouen, aurait eu pour conséquence de réduire encore ce parcours de 23 kilomètres; elle aurait diminué le volume d'eau qui entretient le port de Rouen et le chenal en aval; pour cette raison, et aussi pour des raisons d'économie, on s'est contenté d'améliorer la Seine entre Rouen et Saint-Aubin par des dragages. Les travaux ont donc consisté dans le creusement d'un chenal de 50 mètres de largeur minimum, ayant $3^m,20$ de profondeur au-dessous, non des plus basses eaux connues, mais des plus basses pleines mers connues.

Nous n'examinerons ici que les travaux du barrage de Poses.

Barrage de Poses.

Ce qui distingue le type de Poses, c'est que le vannage est formé par des rideaux appliqués sur des montants articulés à des ponts supérieurs. Deux poutres à treillis supportent un tablier formant un pont et reposent sur les piles séparatives des passes.

Ce tablier est établi assez haut pour laisser, au-dessous des montants relevés, un écoulement facile aux eaux de crue, et dans les passes navigables une hauteur libre de $5^m,25$ au-dessus des plus hautes eaux de navigation.

Cette hauteur de $5^m,25$ a été fixée en principe pour tous les ponts à établir sur la Seine, entre Paris et Rouen, par une décision ministérielle du 1er juin 1876, relative au pont de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, à Conflans.

A ce tablier, sont suspendus par une articulation, des cadres formés de montants verticaux entretoisés, dont le pied vient buter contre les bornes isolées, scellées dans le radier.

Le vannage est constitué par des rideaux doubles appliqués sur les cadres et manœuvrés à l'aide d'un treuil circulant sur une passerelle de service établie à l'aval des montants.

Cette passerelle est formée de tronçons articulés sur les cadres à 1 mètre au-dessus du niveau de la retenue.

Pour ouvrir le barrage, on commence par enrouler les rideaux au-dessus du niveau de la retenue et par replier contre les montants les tronçons de la passerelle; puis, au moyen d'un treuil circulant sur un tablier établi sur un second pont installé à l'amont du premier, on relève les cadres et on les accorde horizontalement, de façon que la passe soit complètement libre.

La fermeture se fait inversement.

Dans le cas où les montants ne pourraient être relevés en amont, leurs articulations sont placées dans des glissières verticales de façon à pouvoir les relever suffisamment pour que leur pied échappe le heurtoir. Le cadre peut alors décrire une rotation à l'aval et être relevé de ce côté.

Digitized by Google

On voit d'après ce qui précède :

1° Que la hauteur des retenues et l'importance des chutes à créer n'ont plus qu'une influence secondaire. L'adoption de ce système à Poses a permis de supprimer l'exécution du barrage éclusé prévu à Andé, dans l'avant-projet qui a servi de base à la loi de 1878, et de réduire à neuf le nombre des retenues entre Paris et Rouen;

2° De réduire le radier à une surface continue et lisse présentant seulement de distance en distance des bornes étroites dont la saillie ne dépasse pas 25 à 35 centimètres.

Dans son ensemble, le type de Poses présente l'avantage de n'exiger pour les manœuvres aucun transport en magasin, et réciproquement, des pièces du vannage et des ponts de service. De plus, ces manœuvres ne consistant qu'en accrochage de chaînes, et mise en mouvement de treuils, peuvent être exécutées par des ouvriers quelconques, toujours faciles à recruter.

Enfin, l'emploi de ce système réserve l'avenir, en permettant d'obtenir une augmentation facile et peu coûteuse de la hauteur de la retenue. Pour surélever le vannage, il suffit, en effet, d'ajouter quelques lames à la partie inférieure des rideaux, comme on l'a fait du reste, à Port-Villez.

Description générale des ouvrages. — Les anciens ouvrages de cette retenue comprenaient (voir le plan) :

1° L'écluse figurée sur la rive droite de la dérivation d'Amfreville ;

2° Un barrage accolé à cette écluse pour compléter la fermeture de la dérivation ;

3° Les barrages d'Anet et d'Amfreville établis à environ 2 kilomètres en amont.

Écluses. — On ne pouvait conserver l'ancienne écluse, le busc aval étant trop élevé de $1^m,28$. Un groupe de deux écluses accolées, du nouveau type, fut construit sur la rive gauche de la dérivation, dans l'emplacement d'une partie de l'ancien barrage.

Une jetée pleine, en maçonnerie, de 223 mètres de longueur, est établie en aval et dans le prolongement du bajoyer de rive de la grande écluse ; elle facilite les manœuvres et le garage des bateaux.

Les fondations des écluses ont été descendues en moyenne à l'altitude — $5^m,50$, soit à 10 mètres au-dessous du niveau moyen de l'eau, maintenue sur ce point, pendant l'été, par le barrage de Martot.

Les portes d'écluses sont en bois de pitch-pin ; elles sont munies de ventelles à jalousies.

Les aqueducs de remplissage contournant les chardonnets sont fermés, soit au moyen de vannes accouplées tournant autour d'axes horizontaux, soit au moyen d'un rideau articulé manœuvré de l'amont par soulèvement.

Digitized by Google

Barrage accolé. — En prévision du relèvement de la retenue à l'altitude 3m,45, la partie conservée du radier du barrage accolé, entre l'ancienne écluse et les nouvelles, a été consolidée :

1° Par la construction d'un avant-radier maçonné, de 1 mètre d'épaisseur, établi sur toute la largeur de la passe, entre le parement d'amont du radier proprement dit, et une ligne de pieux et palplanches établie à 17m,20 en amont de ce parement et enfoncée jusqu'à la craie ;

2° Par l'installation d'un arrière-radier en blocs artificiels et gros enrochements.

Barrage de Poses. — Dispositions générales. — Le niveau de la retenue a été porté à l'altitude 8m,45. Celui du seuil des passes navigables, déterminé d'après les hauteurs des seuils régulateurs du bief, a été arrêté à l'altitude 3m,45 soit à 5 mètres au-dessous de la retenue.

Pour établir le barrage, après avoir fixé ces différents niveaux, on a choisi un emplacement situé un peu en amont de l'île de la Pointe, pour les raisons suivantes :

1° Pour n'être pas trop éloigné des écluses et permettre ainsi un groupement satisfaisant de tous les ouvrages de la retenue ;

2° Pour présenter un seuil naturel placé à l'altitude de 3m,05, c'est-à-dire sensiblement au niveau du radier projeté.

La direction du barrage a été tracée suivant une ligne droite, normale à l'alignement sensiblement rectiligne que présente le bras de Poses, sur plus de 1 kilomètre à l'amont.

Le barrage de Poses composé de cinq passes profondes et de deux passes surélevées, offre un débouché suffisant pour que la vitesse à la surface, lorsque les eaux s'élèvent à l'altitude des plus hautes eaux navigables (8m,85), n'atteigne que 1m,20, tout en donnant passage à la totalité du débit de la Seine.

Entre les deux groupes de passes profondes, séparées par les passes-déversoirs, on a choisi celui de la rive gauche pour les passes navigables, parce que le chenal se présentait naturellement dans de bonnes conditions à l'amont et à l'aval de ces passes, et qu'il existait sur cette rive un chemin de halage.

La hauteur exceptionnelle de la retenue du barrage de Poses exigeait que ses fondations fussent établies sur un terrain solide et imperméable. Il a donc fallu, comme pour les écluses, descendre les fondations jusqu'au banc de craie compacte. C'est dans ce banc qu'ont été encastrées toutes les fondations du barrage.

Détails des maçonneries. — Piles et culées. — Les piles ont une épaisseur uniforme de 4 mètres ; les culées ont une épaisseur de 6m,24 ; elles sont terminées à l'amont par des avant-becs montés sans fruits, et ayant pour section, dans les piles un demi-cercle, et dans les culées un quart de cercle, de 2 mètres de rayon, tracé en dehors du parement de la poutre amont.

Digitized by Google

A l'aval les arrières-becs présentent, au-delà du parement de la poutre, une forte saillie qui supporte un massif de maçonnerie monté jusqu'au niveau de la semelle supérieure, ce massif est destiné à résister à la poussée horizontale qui lui est transmise par le tablier de suspension des cadres.

Les poussées, tant horizontales que verticales, s'exercent sur des sommiers en granit.

Les piles et les culées présentent à leur base, au niveau du radier des passes voisines, un socle débordant de 1 mètre le parement.

Elles sont traversées au niveau de la passerelle mobile par des passages voûtés en plein cintre, de $1^m,30$ de largeur et de $2^m,30$ de hauteur sous clef. Dans ces passages, sont ménagées des niches de $1^m,05$ de largeur sur $1^m,10$ de profondeur, destinées à servir de garage pour les treuils des rideaux.

Les socles, les couronnements, les avant et arrière-becs, les bandeaux et les encadrements des passages voûtés sont en pierre de taille ; le reste des parements est en briques, le remplissage en maçonnerie de moellons ordinaires.

Bornes-heurtoirs. — Des bornes en granit sont encastrées dans le radier pour recevoir le pied des montants mobiles du barrage. Elles sont espacées de $1^m,16$ d'axe en axe.

Ces bornes ont pour section horizontale un rectangle de 58 centimètres de largeur, sur $1^m,20$ de longueur. La saillie des bornes au-dessus du radier est de 25 centimètres dans les passes-déversoirs et 35 centimètres dans les passes profondes. La portée des montants sur les bornes est égale à cette saillie, diminuée de 10 centimètres pour le jeu réservé entre le radier et le pied du montant. Pour recevoir cette portée, une armature en fonte est fixée sur la face amont de la borne.

Radiers. — La surface générale des radiers est arasée à $3^m,10$ dans les passes profondes et à $5^m,20$ dans les passes navigables. Ces altitudes résultent en effet des niveaux adoptés pour le dessus des bornes-heurtoirs (3,45 et 5,45) et de leurs saillies au-dessus dn radier (35 et 25 centimètres).

Les radiers sont limités à l'amont par un seuil arrondi en forme de doucine et arasés au niveau du dessus des bornes-heurtoirs, afin de protéger celles-ci contre le talonnement des bateaux ou le choc direct des corps flottants entre deux eaux. On a, dans le même but, protégé les arêtes amont et aval des massifs des risbermes des radiers avec des longuerines en bois.

Pour pouvoir facilement installer des batardeaux, en cas de réparation, on a pris les précautions suivantes : De chaque côté du radier, on a scellé dans la maçonnerie, au moyen de tiges verticales traversées à leur extrémité inférieure par une barre d'ancrage horizontale, des boîtes en fonte et des organeaux alternés.

Digitized by Google

Ponts supérieurs. — Dans le système du barrage de Poses on était obligé d'employer deux ponts supérieurs.

1° A l'aval, un pont double dont le tablier contient les cadres et reporte sur les arrière-becs des piles et des culées la fraction de la poussée de l'eau qui lui est transmise par le sommet de ces mêmes cadres, quand le barrage est fermé;

2° A l'amont, un deuxième pont dont le tablier supporte l'effort exercé par le treuil pendant la manœuvre, et une partie du poids des organes mobiles, lorsque ceux-ci sont relevés pour l'ouverture complète du barrage.

Dans l'exécution, les deux tabliers qui ont non seulement des destinations distinctes, mais encore des niveaux différents, ont été juxtaposés.

La poutre d'aval du deuxième pont a été supprimée et les pièces de pont ont été prolongées pour être fixées sur la poutre d'amont du tablier de suspension; on a ainsi obtenu un élargissement du tablier de relevage, très favorable aux manœuvres, en même temps que la juxtaposition des deux tabliers rendait les communications plus faciles, et que leur liaison faisait contribuer toutes les pièces du deuxième pont à la résistance aux poussées horizontales.

Enfin on a réalisé une économie, la dépense résultant de ces modifications étant inférieure au prix de la fonte supprimée.

Dans les passes non navigables, on a été conduit, pour assurer la facilité des communications, à installer, au-dessus des poutres du tablier d'aval, un troisième tablier qui est utilisé pour la circulation de la grue servant à la mise en place des rideaux.

Poutres à treillis. — Les trois poutres verticales supportant les tabliers sont à travées solidaires dans chaque groupe de passes; elles ont 8 mètres de hauteur totale dans les passes non navigables et $3^m,20$ dans les passes navigables, soit un peu moins de $\frac{1}{10}$ de leurs portées.

Ces poutres sont à treillis avec diagonales croisées; les semelles sont rectilignes et ont la forme de T; leurs tables ont une longueur uniforme de 50 centimètres et 14 millimètres d'épaisseur; au droit des appuis l'épaisseur est portée à 42 millimètres par deux bandes de renfort qui s'étendent de chaque côté, l'une sur $4^m,15$ et l'autre sur $2^m,22$ de longueur.

Les âmes verticales, en tôle de 12 millimètres d'épaisseur, sont assemblées avec les tables au moyen de deux files de cornières; dans les passes non navigables on a donné à l'âme 55 centimètres de hauteur et aux cornières $\frac{90 \times 90}{11}$; dans les passes navigables la hauteur de l'âme est de 60 centimètres et les cornières ont $\frac{100 \times 100}{11}$. Les semelles supérieures de toutes les poutres sont raidies par des bordures en cornières de $\frac{80 \times 80}{10}$, rivées sur la face inférieure.

Digitized by Google

Les semelles sont reliées par des montants verticaux, espacés de $2^m,32$, qui divisent la poutre en panneaux uniformes, l'écartement de ces montants correspond à la largeur d'un élément des organes mobiles du barrage.

Au-dessus des piles, les poutres comprennent deux panneaux à treillis de $1^m,70$ de largeur et un panneau plein de $1^m,50$, renforcé par un montant spécial dont l'axe est à 50 centimètres de l'extrémité.

Les diagonales des panneaux sont en tôle et cornières, assemblées de façon que leur section présente une forme d' ⊔; leurs dimensions varient suivant les panneaux, de $\frac{140 \times 150}{7}$ à $\frac{260 \times 114}{14}$; leurs extrémités sont rivées sur les âmes verticales des semelles.

Pièces de pont et tablier de suspension. — La poutre d'aval et la poutre ntermédiaire sont espacées de $3^m,50$ d'axe en axe ; elles sont reliées transversalement par des pièces de pont sous lesquelles se trouvent les consoles qui servent d'appui aux têtes des montants articulés ; ces pièces de pont sont espacées de $1^m,16$ d'axe en axe ; elles ont une section an forme de double T, de 57 centimètres de hauteur, celles qui se trouvent dans l'axe des panneaux à treillis ont leurs extrémités reliées avec l'âme verticale des semelles an moyen de cornières ; en face des montants verticaux, l'âme de la pièce de pont et celle du montant sont assemblées à l'aide d'un double couvre-joint. L'entretoisement horizontal est formé par deux cours de fers en ⊔ placés de chaque côté des tiges de suspension des cadres.

Tablier d'amont. — La largeur du tablier d'amont dépend, dans une certaine mesure, de la hauteur à laquelle les ponts supérieurs sont établis au-dessus de la retenue.

A Poses, les joints d'attache des chaînes sur les cadres sont placés à 90 centimètres environ au-dessous du niveau de la retenue, et l'inclinaison de la chaîne sur la verticale est à peu près de 33° au commencement de l'opération. L'écartement des poutres du tablier d'amont s'est trouvé ainsi fixé à $7^m,55$ dans les passes navigables et à $5^m,25$ dans les passes non naviguables.

L'altitude des semelles inférieures étant arrêtée, celle du tablier de suspension était fixée par la hauteur des pièces de pont.

Quant au tablier d'amont, on l'a relevé à peu près au milieu de la hauteur des poutres, afin de laisser au-dessous des pièces de pont un espace suffisant pour loger les rideaux enroulés quand les montants sont relevés, on évite ainsi d'avoir à les emporter en magasin.

Les tabliers des ponts supérieurs sont établis aux altitudes suivantes :

Passes navigables . .	Tablier amont.	$16^m,960$
	Tablier aval.	15 ,743
Passes non navigables.	Tablier aval supérieur . .	15 ,743
	Tablier amont.	14 ,433
	Tablier aval inférieur. . .	13 ,813

Digitized by Google

Tablier aval supérieur des passes non navigables. — Ce tablier est supporté par des pièces de ponte spacées de $1^m,16$ d'axe en axe et ayant pour section un ⊔ de $\frac{220 \times 75}{9}$; ces pièces sont reliées par des goussets et des cornières avec les poutres aval et intermédiaire à une hauteur telle que le platelage qu'elles supportent soit au niveau de la face supérieure des semelles.

Il reste, entre le tablier inférieur de suspension et le dessous des pièces de pont, une hauteur libre de $2^m,13$, suffisante pour le passage de l'appareil de soulèvement des cadres et pour la circulation des ouvriers.

Appareils d'appui et chariots de dilatation. — Les poutres des ponts supérieurs reposent sur les piles et sur les culées par l'intermédiaire d'appareils à charnières formés de deux plateaux, dont les faces de contact, l'une concave et l'autre convexe, s'emboîtent l'une dans l'autre ; la surface concave ayant un rayon de courbure un peu plus grand que l'autre, le contact n'a lieu que suivant une génératrice, et la résultante des pressions passe toujours par le centre de l'appui, quelles que soient les flexions prises par les poutres sous l'influence des surcharges.

Dépenses des ponts supérieurs. — Le tableau suivant résume les dépenses relatives aux ponts supérieurs.

DÉSIGNATION DES OUVRAGES	POIDS	DÉPENSES	
		Totales	Par mètre courant de barrage
Ponts supérieurs. . . .	896.222 kil.	414.448fr,02	1.730fr,09
Appareils de dilatation. .	33.814 »	33 677 ,89	140 ,51
Totaux. . .	930.036 kil.	448.125fr,91	1.870fr,60

Installations aux abords. — Les installations aux abords du barrage comprennent sur la rive gauche :

1° Une maison de barragiste. Cette maison se compose de trois logements distincts : celui du milieu, destiné au chef barragiste, présente sur la façade, du côté de la rivière, un petit avant-corps dans lequel est installé le poste télégraphique ;

2° Une rampe au dixième permettant d'accéder aux tabliers des ponts supérieurs des passes navigables ;

3° Un terre-plein insubmersible, élevé d'un mètre au-dessus des plus hautes eaux connues ; ce terre-plein éloigne les courants des eaux d'inondation et four-

Digitized by Google

nit une plate-forme, disponible en tout temps, pour un chantier de réparations;

4° Une banquette de halage intallée dans la passe de rive;

5° Un passage inférieur ménagé sous la rampe d'accès, en arrière de la culée rive gauche et au niveau du terre-plein insubmersible, pour faciliter les communications.

Sur la rive droite :

1° Un terre-plein insubmersible sur le pointis aval de l'île de la Mouchette;

2° Une rampe au dixième, tracée en courbe et reliant le terre-plein aux tabliers des ponts supérieurs des passes non navigables;

3° Une banquette de halage traversant l'ouvrage dans la passe de rive et contournant le terre-plein à l'aval pour aboutir sur la plate-forme des écluses;

4° Un hangar fermé servant de magasin pour le matériel et les pièces de rechange du barrage et des écluses.

Voies de communication. — Il existe sur le tablier d'amont des passes navigables deux voies ferrées dont l'une est destinée à la circulation du treuil de relevage des cadres, et l'autre à la circulation de la grue servant à l'enlèvement et à la mise en place des rideaux; une troisième voie, établie sur le tablier d'aval, sert au passage du vérin de soulèvement des cordes.

La voie du treuil de relevage des cadres subsiste sur le tablier d'amont dans les passes non navigables; la voie de la grue roulante est installée sur le tablier aval supérieur, et la voie du vérin de soulèvement sur le tablier aval inférieur.

Pour faciliter les manœuvres, toutes ces voies, placées à des niveaux différents, ont été mises en communication entre elles et avec la voie installée sur chacune des rampes d'accès.

Toute les voies installées sur les ponts supérieurs sont construites avec des rails Vignole de 95 × 45, pesant 20 kilogrammes le mètre; l'écartement est de 80 centimètres d'axe en axe.

Cadres articulés. — *Montants.* — Les montants qui supportent le vannage sont des poutres en tôle et cornières.

Leur portée réelle entre les appuis est de $8^m,842$ dans les passes non navigables, $6^m,842$ dans les passes-déversoirs, $11^m,250$ dans les passes navigables.

Leur section est en forme d' ⌴, présentant depuis le pied jusqu'à $2^m,50$ au-dessus du niveau de la retenue, une largeur constante de 60, 50, 70 centimètres en suivant le même ordre des passes. Au-dessus de ce niveau, la largeur de la section diminue progressivement, en même temps que les efforts qu'elle doit supporter, jusqu'au sommet, où elle se réduit à 25 centimètres pour tous les montants.

L'appui supérieur des montants sur leur arbre d'articulation se fait par l'in-

Digitized by Google

termédiaire d'une douille en acier fondu, calée sur cet arbre et terminée par une joue boulonnée sur l'âme du montant.

Cadres. — Les cadres sont formés de quatre montants réunis par des entretoises espacées de 2 mètres et composés d'une plate-bande bordée par deux cornières.

Les montants d'un même cadre sont reliés non seulement par les entretoises, mais encore par trois arbres en fer rond, savoir :

1° L'arbre supérieur d'articulation qui a 90 millimètres de diamètre;

2° Un arbre de 65 millimètres de diamètre, établi à 2 mètres au-dessus du plancher de la passerelle et servant à accrocher le palan avec lequel on la relève; on a fixé sur cet arbre deux bouts de chaîne en fer rond de 12 millimètres, terminés par des anneaux qui servent pour l'accrochage des passerelles relevées;

3° L'arbre de 50 millimètres de diamètre auquel sont attachées les chaînes qui servent à relever les cadres et à les accrocher au tablier d'amont.

Le poids des cadres articulés est de 386955 kilogrammes; ils ont coûté 214343 fr. 37, soit environ 877 fr. 60 par mètre courant de barrage.

Chaînes de relevage des arbres. — Les cadres sont munis de deux chaînes de relevage à trois branches; la branche principale est placée dans l'axe de chaque groupe de montants; elle se dédouble, dans le bas, en deux branches qui reportent les efforts de traction auprès des montants.

Suspension et articulation des cadres. — Les têtes des montants, comme on l'a déjà vu, sont reliées deux à deux par des arbres d'articulation dont les abouts s'appuient sur les consoles des pièces du pont du tablier d'aval.

Chacun de ces arbres est suspendu à deux tiges rondes, de 60 millimètres de diamètre, terminées dans le bas par un œil pour le passage de l'arbre, et dans le haut par une partie filetée de 18 centimètres de longueur dont l'écrou s'appuie sur une plaque de tôle, de 30 millimètres d'épaisseur, fixée sur les entretoises du tablier. Les tiges de suspension et leurs écrous sont en acier forgé.

Passerelle mobile. — La passerelle qui reçoit les treuils des rideaux est composée d'éléments dont la longueur est de $1^{m},16$.

Chaque élément est formé d'un châssis en fer à ⌊ sur lequel sont rivés le plancher en tôle striée et les rails; d'un côté, ce châssis est articulé sur les montants au moyen de deux charnières; de l'autre côté, ils est bordé par un garde-corps dont les barreaux, en fer carré, sont boulonnés sur la traverse aval du châssis et dont la lisse est en fer plat.

Rideaux articulés. — Le barrage est formé de 91 rideaux doubles ainsi répartis:

Digitized by Google

Passes	non navigables.	38 rideaux.
	déversoirs.	26 —
	navigables.	27 —

Chaque rideau a $2^m,32$ de largeur, $5^m,35$ de hauteur dans les passes profondes et $3^m,25$ dans les passes-déversoirs.

Lames. — Les lames sont en bois de Yellow-Pine. Elles ont une hauteur de 70 millimètres, à la partie supérieure elles ont 10 centimètres.

Leur nombre est de 65 dans les passes profondes, de 39 dans les passes-déversoirs. Le jeu réservé entre deux lames consécutives est de 2 millimètres.

La longueur des lames est de $2^m,28$, l'intervalle entre deux rideaux est de 4 centimètres.

L'épaisseur de la lame supérieure est de 4 centimètres pour tous les rideaux; cette dimension augmente progressivement jusqu'à la lame inférieure, où elle atteint 9 centimètres dans les rideaux des passes profondes et 7 centimètres dans ceux des passes-déversoirs.

Pour calculer la résistance, on a retranché de ces derniers chiffres la profondeur (1 centimètre) des entailles pratiquées pour recevoir les charnières; ces entailles sont, en effet, voisines des montants et affaiblissent les lames aux points où, par suite du porte-à-faux, se produit la plus grande fatigue. Avec ces dimensions, le bois de la lame inférieure ne travaille jamais à plus de 60 kilogrammes par centimètre carré; dans les autres lames le travail est encore moindre.

Sabots d'enroulement. — Les sabots d'enroulement des rideaux sont en fonte.

La hauteur occupée au-dessous de la lame inférieure par le sabot est de 13 centimètres dans les passes profondes et de 11 centimètres dans les passes-déversoirs.

Le poids est en moyenne de 268 kilogrammes pour les rideaux des passes profondes et de 189 kilogrammes pour ceux des passes-déversoirs.

Charnières. — Les charnières des lames sont en bronze; leur largeur est de 11 centimètres pour les rideaux des passes profondes et de 7 centimètres pour ceux des passes-déversoirs; elles sont renforcées par des nervures.

Les broches ont un diamètre de 11 millimètres: elles sont faites en bronze phosphoreux étiré. Leur résistance à la rupture par traction est de 100 kilogrammes par millimètre carré.

Suspension et guidage des rideaux. — Les chaînes de suspension des rideaux sont en fer rond de 12 millimètres de diamètre; leur longueur est de $2^m,13$, elles sont terminées à la partie inférieure par une manille qui s'assemble avec la première charnière.

Digitized by Google

Le guidage est obtenu au moyen de tronçons de cornières de $\frac{30 \times 30}{4}$ fixés par des vis à bois, avec un jeu de 13 millimètres entre elles et les montants des cadres. Ce jeu limite le déplacement latéral de l'extrémité du sabot à la moitié de l'espace réservé entre deux rideaux.

Chaînes de manœuvre. — Les chaînes qui servent à la manœuvre de chaque rideau ont un développement de $20^m,565$ pour les grands rideaux et de $16^m,335$ pour les petits. Elles sont soumises à une tension maximum de 1 470 kilogrammes pour les premières et de 530 kilogrammes pour les secondes.

On les a établies avec du fer rond de 15 millimètres, le fer ne devant pas travailler à plus de 5 kilogrammes par millimètre carré.

Peinture. — On a recouvert toutes les parties des organes mobiles de trois couches d'un enduit à la base de goudron, breveté et connu sous le nom d'enduit Mœller.

Prix des rideaux. — Les prix de revient des rideaux sont indiqués dans le tableau ci-après :

PRIX DE REVIENT D'UN RIDEAU	PASSES	
	PROFONDES — Rideau de $5^m,35$ de hauteur	DÉVERSOIRS — Rideau de $3^m,25$ de hauteur
Pour un intervalle de $2^m,32$. . . .	$767^{fr},57$	$412^{fr},01$
Par mètre courant de barrage. . . .	330 ,85	171 ,69
Par mètre carré de vannage. . . .	61 ,84	54 ,64

Appareils de manœuvre. — Pour la manœuvre et l'installation des organes mobiles du barrage, on se sert des appareils suivants :

2 treuils de manœuvre des cadres ;

1 grue tournante, employée à l'enlèvement et la mise en place des rideaux ;

4 treuils de manœuvre des rideaux ;

1 vérin de soulèvement des cadres.

Tous ces appareils sont montés sur des chariots.

Détails et durée de la manœuvre. — Le treuil étant mis en place, on fait filer les chaînes au travers des ouvertures du tablier d'amont. Un flotteur attaché par une corde à chacune des chaînes, est entraîné par le courant vers les

Digitized by Google

barragistes placés sur la passerelle mobile; ceux-ci peuvent attirer ainsi l'extrémité de la chaîne et l'assembler sur celle du cadre; après cette opération, les pistons sont soulevés au moyen d'un levier à pied de biche pour les dégager de leur support et on laisse retomber le paquet de chaînes.

On relève ensuite les panneaux de la passerelle au moyen d'un palan et on les accroche à leurs chaînes de retenue.

Pour remonter le cadre, on met alors en mouvement le treuil de manœuvre. Lorsque les pitons d'assemblage sont amenés au-dessus du tablier d'amont, on glisse sous leur culasse les fourchettes d'arrêt et on laisse filer un peu la chaîne du treuil pour faire reposer l'embase sur la fourchette.

On décroche les chaînes et l'on emmène le treuil vers un autre cadre.

La descente des cadres s'effectue par des opérations inverses.

La durée moyenne, en minutes, de la manœuvre des cadres avec le treuil à main, pour le relevage est la suivante :

Pour les passes non navigables 23'; pour les passes-déversoirs 22'50" pour les passes navigables 30'.

Pour la descente d'un cadre :

Passes non navigables 8'; pour les passes-déversoirs 7'; pour les passes navigables 10'50".

Le personnel nécessaire pour les opérations comprend : un chef barragiste, deux barragistes et deux manœuvres postés sur le tablier supérieur d'amont, pour le service du treuil; un barragiste et un manœuvre postés sur la passerelle, pour en mouvoir les panneaux et pour accrocher ou décrocher les chaînes.

Appareil à vapeur. — Pour réduire le personnel, on a établi un deuxième treuil à vapeur. Cet appareil, disposé pour être au besoin manœuvré à la main est muni d'un frein Mégy à régulateur de vitesse pour la descente des cadres. On l'a déjà employé plusieurs fois.

La durée moyenne, en minutes, de la manœuvre des cadres avec le treuil à vapeur pour le relevage est la suivante :

Passes non navigables 11'; passes-déversoirs 11'; passes navigables 13'50".

Pour la descente :

Passes non navigables 7'50"; passes-déversoirs 7'50"; passes navigables 9'50".

Exécution des travaux. — Les fondations des radiers, des piles et des culées sont établies sur le banc de craie compacte que l'on rencontre à une altitude sensiblement constante dans toute la traversée de la rivière : — 5^m,50 aux écluses, — 5 mètres à la culée rive droite du barrage et — 5^m,30 à la culée rive gauche.

Pendant l'été, le barrage de Martot maintient les eaux à Poses à une altitude qui varie de 4^m,50 à 4^m,70; l'assiette des fondations se trouve donc à 10 mètres au-dessous du niveau des basses eaux.

Digitized by Google

Deux systèmes ont été employés pour l'exécution de ces fondations :

1° Fondations par épuisement au-dessus d'une couche de béton immergé dans une enceinte de blocs artificiels (culée rive droite, piles nos 1, 2 et 3 et radiers des passes nos 1, 2, 3 et 4).

2° Fondations dans des caissons foncés à l'air comprimé (piles nos 4, 5 et 7 et radiers des passes nos 5, 6 et 7).

Les quantités de maçonnerie se résument ainsi :

Maçonneries de béton et de moellons de remplissage.	46.540 m. cubes.
Blocs artificiels.	19.910 —
Maçonneries de pierres de taille.	4.260 —
Maçonneries de granit.	235 —
Maçonneries de briques.	692 —
Cube total des maçonneries du barrage.	71.637 m. cubes.

La chaux et le ciment employés se sont élevés :

Chaux du Theil	8.670 tonnes.
Ciment de Portland.	350 —
Poids total. . .	9.020 tonnes.

On peut établir le prix de revient d'un mètre courant de barrage d'après les dépenses faites pour l'une des passes profondes navigables.

On obtient ainsi les chiffres suivants :

	Au-dessus de 1 mèt.	Entre 5 m.,30 et 1 mèt.
Pour le radier.	2.685 francs.	5.887 francs.
Pour les piles.	2.139 —	2.634 —
	4.824 francs.	8.521 francs.

Poids de la partie métallique. — Les poids des fers et des fontes employés dans les diverses parties des ponts supérieurs et des cadres sont :

Passes non navigables.	544.784 kilogr.
Passes-déversoirs	333.704 —
Passes navigables.	438 503 —
Total. . .	1.316.991 kilogr.

Le poids d'un rideau muni de ses chaînes de suspension et de manœuvre est d'environ :

Passes	profondes.	911 kilogr.
	déversoirs.	516 —

Durée d'exécution et prix de revient. – L'adjudication des travaux de construction du barrage de Poses a été approuvée le 26 octobre 1878.

Digitized by Google

Les installations du chantier, les dragages préalables et la construction des blocs artificiels, destinés à constituer des enceintes, ont occupé la première année des travaux.

L'échouage des blocs a été commencé le 24 mai 1880 ; le radier de la passe n° 1 a été commencé le 21 avril 1881 ; celui de la passe n° 6 a été terminé le 12 septembre 1885.

Le 16 septembre de la même année, on a commencé la fermeture du vannage, et le 24 septembre 1885 la retenue a été faite.

D'après les dépenses indiquées précédemment, on peut évaluer le prix de revient, par mètre courant de barrage, de la manière suivante :

Maçonneries au-dessus de l'altitude de 1 mètre, située à 3m,50 au-dessous des plus basses eaux pendant la construction.		4.824 francs
Parties métalliques	ponts supérieurs. . . .	1.871 —
	cadres articulés. . . .	878 —
Vannage.		331 —
Appareils de manœuvre.		111 —
Total. . .		8.015 francs
A ajouter pour fondations exceptionnelles depuis l'altitude de 1 mètre jusqu'à — 5m,30. . .		8.521 —
Total général. .		16.536 francs

Le prix de revient et la durée des travaux s'expliquent, indépendamment de l'importance des fondations, par la nécessité de ne pas interrompre la navigation, c'est-à-dire de travailler avec toute la hauteur d'eau des anciennes retenues.

Fonctionnement du barrage. — Depuis la date de sa mise en service, 23 novembre 1885, le barrage de Poses a toujours maintenu avec régularité le niveau du bief.

L'expérience est, du reste, beaucoup plus longue et plus concluante pour le barrage de Port-Villez, dont la mise en service remonte au 23 juin 1880.

Manœuvre des cadres. — Les cadres articulés ont été déjà plusieurs fois relevés et abaissés depuis la mise en service du barrage, et toujours avec un plein succès.

Pour la première manœuvre de relevage des cadres, exécutée en décembre 1885 on s'est placé dans des conditions d'expérience particulières :

Au lieu de commencer lorsque le niveau de l'eau à l'aval atteint l'altitude de 7m,20, soit 1m,25 en contre-bas de la retenue maximum, on a attendu que ce niveau eût dépassé l'altitude de 8m,45.

La réussite même, dans ces circonstances défavorables, a consacré le bon fonctionnement du système.

Digitized by Google

Le projet du barrage de Poses a été dressé par M. Caméré, comme ingénieur ordinaire, présenté par M. de Lagréné, ingénieur en chef, et approuvé par décision ministérielle du 8 juillet 1878.

Les travaux ont été commencés, sous la direction de M. de Lagréné, par M. Caméré ; ils ont été continués, depuis le 1er octobre 1883, et achevés sous la direction de M. Caméré, ingénieur en chef, par M. Clerc, ingénieur ordinaire.

Barrage de Suresnes

Les ouvrages, composant actuellement la retenue de Suresnes, ont été construits en exécution des lois du 5 avril 1878, et du 21 juillet 1880.

La loi du 21 juillet 1880 a décidé : 1° que ce barrage serait construit, et la retenue exhaussée d'un mètre, afin d'assurer en tout temps un mouillage de 3,20 dans la traversée de Paris ; 2° que l'écluse prévue à Neuilly serait reportée à Suresnes, et doublée d'une deuxième écluse en prolongement de l'ancienne.

Les autres ouvrages de Suresnes, construits en 1865, en vertu du décret du 11 décembre 1864, comprenaient :

Une écluse de 120 mètres de longueur, 12 mètres de largeur et $2^{m},20$ de mouillage ;

Un premier barrage en tête du bras gauche de la Seine, relié par un déversoir à la pointe amont de l'île de Rothschild ;

Un second barrage entre l'île de Rothschild et l'île du pont de Neuilly ;

Un déversoir entre cette île et celle de la Grande-Jatte ;

Un troisième barrage formant l'extrémité du bras droit à la pointe aval de l'île de la Grande-Jatte, près d'Asnières.

Ces barrages soutenaient une chute de 2,29, et avaient coûté 2400000 francs.

L'écluse a été conservée, ainsi que les trois barrages dont les mécanismes sont aujourd'hui couchés sous l'eau.

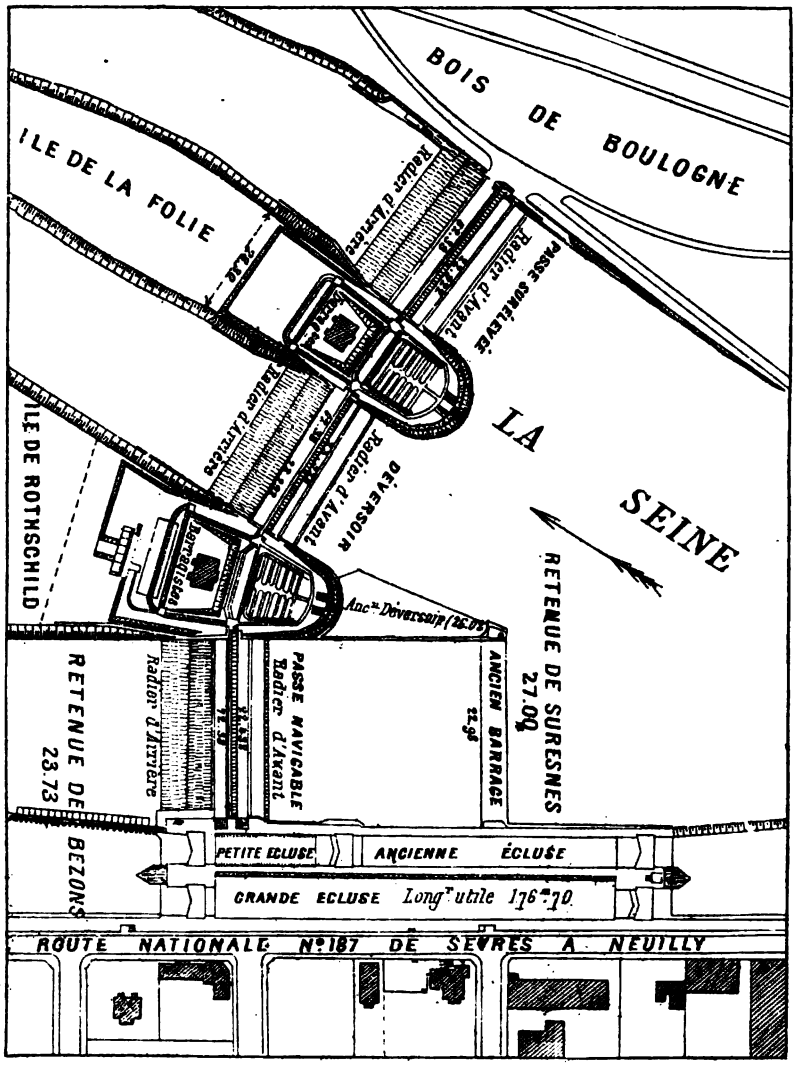
Deux nouvelles écluses ont été construites pour le tirant d'eau de $3^{m},20$: une petite, en prolongement de l'ancienne écluse, et une grande entre ces écluses et la rive gauche, recoupée sur une longueur de 970 mètres.

Les trois nouveaux barrages sont réunis sur le même point à côté des écluses, en tête des trois bras de la Seine, de l'île de Rothschild et de l'île de la Folie. (Voir le plan général).

Tous ces ouvrages, commencés au mois de mai 1880, ont été mis en service, savoir : la grande écluse, en juillet 1882 ; la petite écluse, le 15 septembre 1884 ; les barrages, le 23 avril 1885.

Digitized by Google

Ecluses. — La grande écluse a une longueur totale de 199^{m},50. La largeur est de 12 mètres dans les têtes, 18 mètres entre les couronnements dans le sas, et 16^{m},50 au plafond ; entre la corde du mur de chute et la pointe du faux busc aval, la longueur est de 176^{m},70 ; la longueur de la partie élargie du sas est de 160^{m},50.



BARRAGE DE SURESNES

Dans la petite écluse, la longueur entre la corde du mur de chute et la pointe

Digitized by Google

du faux busc aval est de 57 mètres ; la largeur est de 12 mètres dans les têtes, 13 mètres entre les couronnements, 11 mètres au plafond dans le sas.

Sur le musoir amont du bajoyer intermédiaire s'élève un bureau surmonté d'un sémaphore.

Fondations. — Le massif de maçonnerie des écluses repose sur la couche résistante des argiles de l'étage tertiaire.

Les fondations ont été exécutées par épuisements entre batardeaux.

Le béton a été, en général, composé de gros graviers de la Seine et de mortier de chaux du Theil, auquel on a substitué, dans quelques parties, du mortier de ciment de Portland, pour en accélérer la prise.

La maçonnerie de remplissage est composée de moellons calcaires communs de la vallée de la Seine ou de la vallée de l'Oise, et de mortier de chaux du Theil.

Dans des parties spéciales, on a employé le moellon de meulière et le mortier de ciment de Portland.

Les fondations de la grande écluse ont présenté des difficultés tout à fait exceptionnelles, à cause de sa situation entre la rive et l'ancienne écluse, dont on ne pouvait interrompre le service.

Aqueducs de vidange et de remplissage des sas. — Les aqueducs servant au remplissage et à la vidange des sas ont les dimensions suivantes :

Pour la grande écluse, les quatre aqueducs, qui contournent les deux chambres des portes, ont $1^{m},55$ de largeur sur 3,12 de hauteur, avec une section libre de $4^{m2},55$; celui de la tête amont de l'ancienne écluse a les mêmes dimensions.

L'aqueduc établi sous le musoir d'amont du bajoyer intermédiaire pour desservir à la fois la grande et l'ancienne écluse, a 2 mètres de largeur.

Les aqueducs qui entourent la chambre des portes intermédiaires, entre l'ancienne et la petite écluse, ont $1^{m},41$ de largeur à l'entrée, et $1^{m},15$ à la sortie avec 3,12 de hauteur, ce qui donne une section libre minimum de $3^{m2},39$.

Enfin, l'aqueduc qui relie directement la chambre d'aval de la petite écluse à la rivière, a $1^{m},81$ de largeur à l'entrée, $1^{m},55$ à la sortie, ce qui lui donne une section libre minimum de $4^{m2},55$.

Ces aqueducs sont fermés par des cadres en fonte, armés de ventelles, papillon à axe horizontal, en fer et acier, conjuguées au nombre de quatre, et manœuvrées au moyen d'une tige à crémaillère.

L'ouverture, démasquée par ces ventelles, est de $2^{m2},60$ pour la tête intermédiaire, et de $3^{m2},64$ pour toutes les autres.

Les arbres de rotation des ventelles sont en acier.

La durée des sassements est la suivante :

Digitized by Google

DÉSIGNATION	GRANDE ÉCLUSE	PETITE ÉCLUSE — Vapeurs isolés
1° Entrée et rangement des bateaux, durée variable selon le nombre des bateaux.	10 à 20'	1'
2° Fermeture des portes.	2'	2'
3° Ouverture des vannes et remplissage ou vidange des sas.	10'	5'
4° Ouverture des portes.	2'	2'
5° Sortie des bateaux.	6' à 10'	1'
Totaux. . . .	30' à 44'	11'

On voit que la durée de la manœvre des portes a une faible influence sur la durée totale des sassements dans la grande écluse.

En se hâtant, on arrive à faire passer un bateau de voyageurs en dix minutes dans la petite écluse.

Radiers. — Le radier du sas n'a d'autre but que d'empêcher les affouillements, le terrain de fondation étant imperméable. On ne lui a donné l'épaisseur nécessaire, pour résister aux sous-pressions, que dans les têtes ou lorsque la nature du sol l'exigeait.

Pour la grande écluse, l'épaisseur de maçonnerie atteint $4^{m},82$ dans la chambre des portes d'amont, et 3 mètres seulement dans celles des portes d'aval.

Dans le sas, l'épaisseur varie entre 2.40 et 0,90 centimètres.

Pour la petite écluse, l'épaisseur est de 4,02 dans la chambre intermédiaire, et de 3 mètres dans la chambre d'aval.

Le radier a une épaisseur de $2^{m},20$.

Les buscs aval et les radiers ont été placés à 4 mètres en contre-bas de la retenue d'aval, de sorte qu'on pourra porter plus tard le tirant d'eau de la Seine à 4 mètres, sans avoir à modifier les écluses de Suresnes.

Buscs. — Les buscs en pierre de taille sont protégés par un faux-busc en chêne de 30/30 d'équarrissage, dont l'arête est renforcée par un fer ayant la section d'un rail de tramway, afin de pouvoir noyer la tête des boulons d'attache dans la gorge du rail.

Trous à batardeaux. — On a ménagé dans le radier des trous de 40 sur 30 centimètres dans l'alignement des coulisses à poutrelles des bajoyers, pour pouvoir y placer des poteaux verticaux constituant des batardeaux mobiles dans les têtes d'écluses, en cas de réparations à faire, soit aux portes, soit aux maçonneries.

Digitized by Google

Puisards. — On a ménagé également des puisards dans le sas pour pouvoir placer la crépine d'une pompe d'épuisement. Les écluses communiquent entre elles et l'encuvement des chambres des portes avec le radier des sas, de telle sorte qu'avec une pompe seulement, on puisse assécher l'ensemble des ouvrages.

Portes. — Les portes sont en charpente à deux vantaux busqués. Le cadre extérieur est en chêne; les entretoises, les bracons et les bordages sont en *Yellow-pine.*

Chaque vantail renferme deux ventelles à jalousie, qui démasquent une ouverture de 80 centimètres carrés, ce qui fait $3^{m2},20$ pour chaque paire de portes.

Les portes sont manœuvrées au moyen d'arcs dentés.

On y a ménagé à la partie inférieure une lumière de $1^{m},56$ de hauteur sur 14 centimètres de longueur pour le passage de la chaîne du touage.

Les portes de l'ancienne écluse ont été conservées ; elles sont en tôle, du type appliqué à l'écluse de la Monnaie, à Paris. Elles ont été tout simplement exhaussées au-dessus du niveau de la nouvelle retenue, par l'addition d'une entretoise supplémentaire.

Estacades. — En amont l'estacade a pour but de guider les convois. Elle a 50 mètres de longueur et se compose de deux files de pieux en quinconce, reliés par des moises, disposées en croix de Saint-André.

En aval l'estacade a pour but de protéger les convois contre les remous du barrage. Elle a 60 mètres de longueur et se compose de trois files de pieux. Les deux premières files atteignent le couronnement de l'écluse, la troisième est basse et s'élève très peu au-dessus du niveau de la retenue d'aval.

Dans la partie constamment immergée de l'estacade, un bordage cloué sur des pieux forme un écran sur lequel s'appuient les enrochements, de telle sorte que l'agitation des eaux produite par le barrage ne puisse pas se propager dans le bassin d'approche des écluses. Un garage à canot est ménagé près de l'estacade à son origine ; on y accède par un escalier établi dans la maçonnerie du bajoyer du large.

Prix de revient, d'après les décomptes définitifs complètement réglés et soldés.

Ecluses. — La construction de la grande écluse de rive, a coûté pour toutes dépenses, à l'entreprise et en régie, mais non compris les murs du quai aux abords, la somme de 1 741 000 francs.

La petite écluse a coûté la somme de 951 000 francs.

Digitized by Google

La réparation de l'ancienne écluse a coûté 132 000 francs ; soit au total 2 824 000 francs.

Dans ce total, les frais de batardeaux et d'épuisements entrent pour un chiffre de 743 000 francs, soit 26 fr. 51 %.

Le prix du mètre cube de maçonnerie de toute nature revient à 82 fr. 54.

Sans les batardeaux et les épuisements, il serait de 60 fr. 82. Le prix est élevé, parce qu'il comprend toutes les plus values pour pierres de taille, moellons d'appareils, organeaux, échelles de secours, et aussi les frais d'étaiement et de boisage des fouilles.

Portes. — Les trois paires de portes d'écluses en bois ont coûté, dépenses à l'entreprise et en régie la somme de 72 546 fr. 70.

La paire des portes d'amont revient à 21 225 francs.

La paire des portes d'aval à 25 660 fr. 85.

La dépense par mètre carré est : pour les portes d'amont, qui ont $7^{m},13$ de hauteur de 218 fr. 23 ; pour les portes d'aval, qui ont $8^{m},95$ de hauteur, de 209 fr. 82.

Ces prix comprennent tous les appareils de ventellerie et de manœuvre, ainsi que les mains-d'œuvre de pose des portes et les scellements desdits appareils.

L'exhaussement des deux paires de portes de l'ancienne écluse a coûté 17 000 francs.

Estacades. — Les estacades ont donné lieu à une dépense de 61 048 fr. 78.

Le prix par mètre courant est :

Amont.	$287^{fr},76$
Aval	555 ,40

Le prix par mètre carré de surface d'eau limitée par les faces extérieures des pieux est :

Estacades.	Amont	$115^{fr},10$
	Aval.	110 ,34
Pattes-d'oie	Amont	106 ,30
	Aval.	126 ,07

On voit que ce prix est sensiblement le même pour tous les ouvrages en charpente.

Le total des dépenses ainsi énumérées s'élève à 2 974 595 fr. 49.

Ouvrages annexes. — Il faut ajouter à l'énumération précédente des ouvrages qui constituent spécialement les écluses de secours, les travaux suivants :

1° La construction d'un nouveau port pour la ville de Suresnes ;

2° L'établissement de murs et de perrés en amont et en aval des écluses ;

Digitized by Google

3° La déviation de la route nationale n° 187 et la construction d'une banquette de halage au pied du mur de soutènement de la route, en arrière du terre-plein des écluses ;

4° Le prolongement sous la nouvelle route d'un égout collecteur, construit sous la rive gauche de la Seine ;

5° La construction d'une maison éclusière à trois logements séparés, avec jardins, dépendances et passage spécial reliant la cour de la maison au terre-plein de l'écluse par dessous la route nationale.

Les dépenses accessoires se sont élevées à la somme de 1 284 751 fr. 42.

En résumé les dépenses de construction et de réfection des écluses de Suresnes y compris les dépenses accessoires, s'élèvent à la somme totale de 4 259 346 fr. 91.

Il est à noter que l'importance des ouvrages accessoires, la réparation de l'ancienne écluse, la largeur exceptionnelle de la petite écluse, la profondeur des fondations et les difficultés provenant de la proximité de l'ancienne écluse, restée en service pendant l'exécution des travaux, ont accru les dépenses des écluses de Suresnes.

Barrage (parties fixes). — Passe navigable. — La passe navigable du nouveau barrage est située entre les écluses et l'île de Rothschild ; elle commande le bras gauche de la Seine, dit bras de Puteaux.

La distance entre les parements verticaux de la culée dans l'île et du bajoyer du large des écluses, c'est-à-dire l'ouverture de la passe est de $72^{m},38$.

Le radier se compose : 1° d'un massif de maçonnerie ayant 15 mètres de largeur, enfermé entre deux enceintes de pieux et palplanches ; 2° d'un avant-radier de $8^{m},05$ et 3° d'un arrière-radier de $20^{m},55$ de longueur.

Radier proprement dit. — L'épaisseur normale du radier proprement dit est de $4^{m},42$, composée d'une couche de béton de $2^{m},42$ et d'une couche de maçonnerie de 2 mètres.

C'est la nature du sous-sol qui a déterminé cette épaisseur. On a voulu encastrer les fondations dans l'argile plastique et ne pas conserver dans les maçonneries une couche mince de sable et d'alluvions.

La largeur du radier avait été fixée à 15 mètres.

Mais on a été amené ensuite à développer le radier à l'amont de l'axe de la passe navigable, sur une longueur égale à celle de l'aval, pour protéger par un seuil les fermettes couchées et pour faciliter l'établissement de batardeaux, en cas de réparations à faire, soit au radier soit aux fermettes.

L'encuvement pour la chambre des fermettes est réduit à une profondeur de 30 centimètres seulement à l'amont et est complètement supprimé à l'aval.

Le parement du radier se compose :

1° D'une plate-bande de 70 centimètres de largeur à l'amont, en pierre de taille de Belvoye (Rhône) ;

Digitized by Google

2° D'une plate-bande de 70 centimètres de même largeur, supportant un heurtoir en chêne pour y appuyer un vannage provisoire pendant la réparation des fermettes ;

3° De la file des pierres de taille renfermant les crapaudines amont des fermettes.

Les fermettes sont réunies les unes aux autres et ancrées dans le massif de maçonnerie du radier, au moyen de disques en fonte de 80 centimètres de diamètre, noyés à la partie inférieure du béton ; de tiges en fer de 50 millimètres, ayant 4 mètres de hauteur, et d'un fer à ⌊ encastré dans la partie supérieure des pierres, reliant toutes ces tiges et supportant leurs boulons.

Les crapaudines d'amont des fermettes qui tendent à être arrachées par les efforts dûs à la retenue, sont encastrées dans ces pierres de taille et ancrées, à leur partie inférieure, par un disque en fonte de 50 centimètres de diamètre et une tige de fer de 50 millimètres.

Enfin, des entretoises en fonte, scellées dans la pierre, réunissent toutes les crapaudines et protègent l'arête de l'encuvement de la chambre des fermettes ;

4° De la file des pierres de taille supportant les crapaudines d'aval. Ces crapaudines qui sont seulement comprimées par les efforts transmis à la fermette sont scellées sur la pierre par trois goujons.

5° D'une plate-bande à l'extrémité aval en pierre de taille de Belvoye.

Les intervalles entre ces différentes files de pierres de taille sont remplis par un pavage de moellons smillés de Souppes.

On a encastré dans ce pavage des pots en fonte, disposés suivant deux lignes à l'amont et à l'aval des fermettes, et destinés à faciliter l'établissement de batardeaux sur le radier en cas de réparations.

Des anneaux scellés sur le radier, entre les pots, facilitent en outre la pose des moises de fond pour relier les pieux.

Après avoir enfilé des moises accouplées sur la tête des pieux, on les attache au moyen de cordes que l'on fait passer dans les anneaux. En tirant sur les cordes on oblige les moises à s'enfoncer sous l'eau jusqu'à la base des pieux.

L'essai de ce système a parfaitement réussi.

Enceinte. — Les enceintes se composent chacune d'une ligne de pieux à l'extérieur et d'une ligne de palplanches à l'intérieur.

Les pieux de 34/34 sont généralement espacés de $1^{m},50$ d'axe en axe et reliés à l'intérieur par trois cours de moises de 20/25.

Les palplanches ont 15 centimètres d'épaisseur et sont battues jointives en une file continue sur toute la longueur de la passe.

Avant-radier. — L'avant-radier se compose d'abord d'un remblai en corroi de terre argileuse jusqu'au niveau du fond de la rivière, ensuite d'une couche

Digitized by Google

d'enrochements ordinaires s'élevant jusqu'à la hauteur du seuil du barrage. Cette couche a 1^{m},35 d'épaisseur.

Sur une épaisseur de 0^{m},35 à la partie supérieure, les enrochements sont maçonnés de manière à former une surface plane et unie.

Arrière-radier. — L'arrière-radier a une longueur totale ds 20^{m},55 et se compose exclusivement d'enrochements.

La première moitié, à partir de l'enceinte aval, est constituée par des enrochements ordinaires qui remplissent la fouille du massif de maçonnerie du radier.

Elle est recouverte à la partie supérieure par des blocs de maçonnerie ayant une section carrée de 2 mètres de côté et 80 centimètres d'épaisseur.

Le revêtement est disposé en pente, vers l'aval, de 5 centimètres par mètre. Jusqu'à présent il ne s'est pas disloqué et les eaux glissent à sa surface.

La seconde moitié se compose d'une couche horizontale d'enrochements plus forts, ayant 1^{m},70 d'épaisseur.

Culées. — Le bajoyer du large des écluses forme la culée de la rive gauche.

La culée de rive droite, sur l'île de Rothschild, sert en même temps de niche pour l'abatage des fermettes.

Si la niche était placée sur la rive gauche, la manœuvre n'en serait que plus commode, mais il aurait fallu pour cela donner une épaisseur trop considérable au bajoyer du large des écluses, et réduire le débouché du fleuve.

Passe-déversoir et passe surélevée. — La passe-déversoir est située entre l'île de Rothschild et l'île de la Folie, son seuil est à la cote (23,923), à 1^{m},50 au-dessus de la passe navigable; mais la partie mobile a une hauteur de 3^{m},50 au-dessus de ce seuil, supérieure à celle de la plupart des passes navigables des barrages mobiles construits précédemment.

La dernière passe sur la rive droite du fleuve, entre l'île de la Folie et le bois de Boulogne, a son seuil à la cote (22,922) intermédiaire entre celles des deux seuils précédents.

On la désigne sous le nom de passe surélevée.

Le niveau des seuils a été déterminé de manière à donner au fleuve le débouché nécessaire. On aurait pu prendre le même niveau, aux environs de (23,50), pour les deux passes, ce qui aurait conduit à employer des engins mobiles de mêmes dimensions. On a préféré relever un des deux seuils, de manière à avoir, dans une des passes, des engins de moindre dimension pour le réglage quotidien de la retenue, pendant la période des basses eaux, et dans l'autre une profondeur plus grande, afin de laisser passer les bateaux dans le bras de Neuilly, pendant la période des hautes eaux.

Le radier de chacune de ces deux passes est tout à fait semblable à celui de la passe navigable, que nous avons précédemment décrit en détail.

Digitized by Google

Exécution des ouvrages. — Les radiers et les défenses des rives des trois passes ont été exécutés à sec, au moyen d'épuisements dans les enceintes de batardeaux.

La passe navigable a été exécutée à l'abri de l'ancien barrage dans le bief d'aval, et en deux fois. La première partie du radier a été fondée dans une enceinte de batardeaux, qui partait du déversoir de l'ancien barrage, s'avançait jusqu'au milieu du bras de Puteaux et s'ancrait à l'aval dans le terre-plein de l'île de Rothschild.

La seconde partie a été exécutée en même temps que la petite écluse, dans une enceinte partant du bajoyer du large de la vieille écluse, passant sur la partie du radier déjà terminée et revenant se souder à l'extrémité du bajoyer intermédiaire.

Les fondations ont été descendues à plus de 8 mètres en contrebas du niveau des eaux du bief de Bezons.

La passe déversoir et la passe surélevée ont été exécutées dans le bief d'amont, maintenu à la cote (26,00) par les anciens barrages de Neuilly et de Levallois.

On a barré successivement au moyen de batardeaux le bras entre l'île de Rothschild et l'île de la Folie, puis le bras entre l'île de la Folie et le bois de Boulogne.

Les batardeaux de la passe-déversoir étaient écartés l'un de l'autre de 120 m., ceux de la passe surélevée de 170 mètres.

Cet emploi des batardeaux à grande distance de la partie profonde des fouilles a parfaitement réussi et a permis d'exécuter à sec et en plein air, sans solution de continuité à raccorder ultérieurement non seulement le radier, mais tous les murs de quai ainsi que les perrés de part et d'autre du radier. En outre il a conduit à des résultats économiques, comme on le verra plus loin.

Le succès des épuisements est dû à ce qu'on a donné aux batardeaux une grande largeur à la base, en déposant au pied les déblais de la fouille faite à la drague, et à ce que le sol du lit du fleuve prolongeait ensuite l'empattement des batardeaux jusqu'à la fouille du radier du barrage.

Dépenses. — La dépense totale de construction des parties fixes du barrage, que l'on pourrait pour ainsi dire appeler l'infrastructure, à savoir : radiers, culées, défenses de rives aux abords, d'après le décompte définitif, entièrement soldé, de l'entreprise et de toutes les dépenses en régie, s'élève à 2 323 277 fr. 40 et se décompose de la façon suivante :

Passe navigable.

Radier et culées.	716.724^{tr},32	895.261^{tr},36
Défenses de rives.	178.537 ,04	

Digitized by Google

Passe déversoir.

Radier et culées.	415.635 ,18	573.208 ,68
Défenses de rives.	157.573 ,50	

Passe surélevée.

Ravier et culées	551.983 ,80	785.320 ,09
Défenses de rives.	233.336 ,29	
Dépenses d'aménagement des terre-pleins des îles.		69.487 ,27
Total. . . .		2.323.277fr,40

Le point de séparation entre les passes est pris au sommet du musoir d'amont des îles.

Les frais de batardeaux et d'épuisements entrent dans ces totaux pour les chiffres ci-après :

Passes.	N° 1.	232.529fr,99 soit	26,00 %
	N° 2.	118.792 ,34 —	19,85 —
	N° 3.	150.111 ,79 —	19,11 —
	Total. . .	496.434 ,12 —	22,00 %

Le mètre cube de maçonnerie de toute nature est indiqué dans le tableau suivant :

	PASSE navigable	PASSE déversoir	PASSE surélevée	ENSEMBLE du barrage
Pour l'ensemble du barrage et des défenses de rives.	96fr,02	84fr,16	80fr,54	87fr,06
Pour le barrage seulement (radier et culées).	97 ,31	81 ,61	79 ,18	86 ,69

La différence entre les prix des deux lignes précédentes est très faible, parce que le cube de maçonnerie du barrage est quatre fois plus important que celui des défenses de rives.

En défalquant l'augmentation provenant des fers et fontes, il en reste les prix de :

P. N.	P. D.	P. S.	ENSEMBLE
89 fr. 71	73 fr. 64	71 fr. 86	79 fr. 09

Digitized by Google

qui représentent les prix de revient du mètre cube de maçonnerie du barrage et que l'on peut comparer aux prix que l'on paye pour les fondations à l'air comprimé.

Le prix de revient de l'ensemble du barrage serait même moins élevé, si la passe navigable avait pu être exécutée, comme les autres, sur toute la longueur et en une seule campagne.

Barrage (parties mobiles). — Nous divisons les parties mobiles en :

1° Fermettes ;

2° Engins de fermeture.

1° *Fermettes.* — D'après ce que nous avons vu, le seuil de la passe navigable est établi à la cote (22,43) et le passage de la chambre des fermettes à 1 mètre au-dessous.

La nouvelle retenue étant fixée à la cote (27.00) la passerelle est établie à 50 centimètres au-dessus et par conséquent à $6^m,07$ au-dessus du radier.

Les fermettes ont donc une hauteur totale de $6^m,01$, la plus grande hauteur atteinte jusqu'à ce jour. La chute est de 3,27.

Le vannage a une hauteur verticale de 5,27, hauteur qui n'a été dépassée qu'à Poses où elle est de 5,35.

Les fermettes sont espacées de 1,35 d'axe en axe.

Elles sont ainsi composées : d'un essieu horizontal à la partie inférieure, d'une traverse horizontale à la partie supérieure; de deux montants inclinés et réunis par des traverses horizontales à chaque tiers de la hauteur, et d'un treillis en croisillons.

Après beaucoup de combinaisons, on s'est arrêté à la longueur de 3,79 pour l'essieu et à l'inclinaison de 15° 49' pour le montant d'amont, de façon à réduire le plus possible l'effort d'arrachement de la crapaudine amont et l'effort de compression de la crapaudine aval.

La fermette de la passe navigable est constituée avec des fers à ⌊ de 120 millimètres et des tôles de 8 millimètres.

Le montant d'amont a la section d'un caisson (fig. 6, pl. 13-14) pouvant résister dans les deux sens que nous indiquons plus haut.

La partie antérieure est armée d'un fer en ⊣ qui sert de guide aux engins de fermeture.

Le montant d'aval est formé de deux fers à [accolés (fig. 10, pl. 13-14), pour résister aux efforts de compression produits par la retenue et aux efforts de flexion au moment du relevage.

Les fers se séparent à la partie supérieure du montant pour supporter chacun l'un des rails de la passerelle (fig. 2, pl. 13-14).

L'essieu qui doit résister à des efforts de torsion se compose aussi de deux fers à [opposés, mais écartés l'un de l'autre et réunies par des joues en tôle, (fig. 12, pl. 13-14).

Digitized by Google

Les pièces qui portent les tourillons ont la forme d'équerres et sont en acier forgé.

L'essieu devant avoir une forme cylindrique à sa partie inférieure, pour empêcher les coincements entre le caisson et le radier, est muni d'une fourrure en bois ayant pour axe l'axe même de l'essieu.

Les traverses horizontales et les pièces des croisillons sont de simples fers à [de 120 millimètres. Seul, le barreau incliné de la partie inférieure se compose de deux fers adossés.

La fermette de la passe navigable pèse en moyenne 1 800 kilogrammes.

Les fermettes de la passe-déversoir et de la passe surélevée ne diffèrent de la première que par les dimensions.

La première pèse 800 kilogrammes.

La deuxième pèse 1 350 kilogrammes.

Les fermettes sont espacées dans les trois passes de 1,25 d'axe en axe.

Passerelle.— Chaque fermette porte à sa partie supérieure (fig. 3, pl. 13-14).

1° un ergot en fer forgé à la partie antérieure pour l'articulation du châssis porte-rideau ;

2° trois tenons en acier fondu pour l'assemblage des rails ;

3° une douille à l'aval pour supporter les montants du garde-corps.

Les rails sont du type Barlow et servent à réunir les fermettes. Ils ont 95 millimètres de hauteur totale.

Ils sont posés de façon à coiffer les tenons et on les fixe à l'aide de clavettes qui traversent les trous des rails et des tenons (fig. 3, 4 et 7, pl. 13-14).

Il y a trois files de rails, espacées entre elles de 84 centimètres d'axe en axe. De cette façon, sans trop élargir la passerelle, on peut faire circuler des appareils légers, tantôt sur la voie d'amont, tantôt sur la voie d'aval, sur les voies de 84 centimètres, et des appareils puissants sur la voie de $1^{m},68$.

La manœuvre d'abatage et de relèvement des fermettes se fait au moyen du système inventé par M. Mégy.

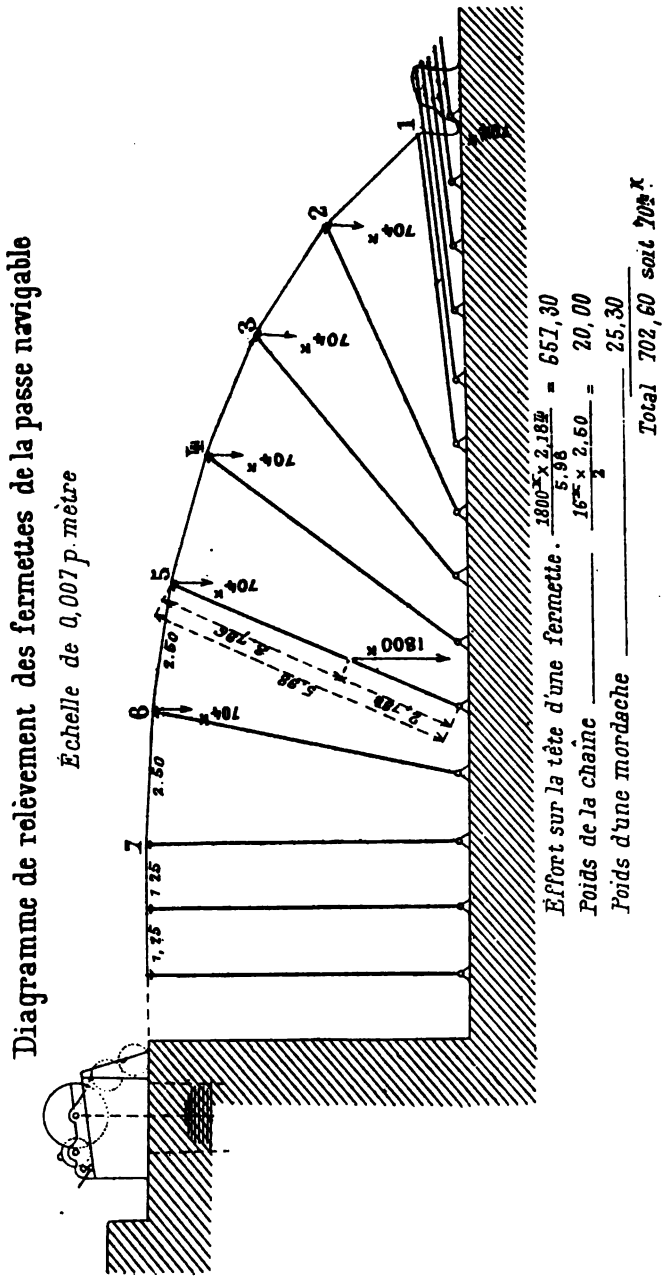
Il consiste à relever toutes les fermettes d'une passe par une chaîne continue et à actionner cette chaîne par un treuil fixe installé sur la rive.

Pour diminuer l'effort de traction sur la chaîne qui serait considérable, si elle ne présentait aucun mou, on augmente la longueur de chaîne entre deux fermettes consécutives, on diminue ainsi le nombre des fermettes actionnées par la chaîne. Elles s'abattent ou se relèvent en forme d'éventail comme l'indique le croquis suivant.

La longueur de chaîne entre les fermettes doit être choisie de manière que l'effort de traction ne soit pas trop considérable, et que la chaîne ne puisse pas, en bâtillant, dégrader le pavage du radier, lorsque les fermettes sont abattues.

Digitized by Google

Cette longueur est de 2m,50 pour la passe navigable; 2m,30 pour la passe



surélevée; 2 mètres pour la passe déversoir; de façon que six fermettes à la fois se mettent en mouvement dans chaque passe.

Digitized by Google

Aussitôt qu'une fermette tirée par la chaîne arrive près de la position verticale, le barragiste allonge jusqu'à sa rencontre quatre madriers de passerelle pour se faire un plancher. Il fixe la fermette en plaçant d'abord les deux barres de rail extrêmes, et en enfonçant les clavettes dans les trous des tenons.

Puis il ouvre la mordache, de manière à dégager la chaîne, et le mouvement continue.

Les manœuvres ont été faites très souvent déjà ; elles ne présentent aucun danger, et elles réussissent parfaitement.

Aussi n'hésite-t-on pas à ouvrir la passe navigable, aussitôt que le débit du fleuve assure le tirant d'eau normal, même pour quelques jours seulement.

Les autres passes ne sont ouvertes qu'en cas de grandes crues.

Prix de revient. — Une fermette de la passe navigable, mise en place, a coûté 1 500 fr. 42. Une fermette de la passe déversoir, mise en place, 660 fr. 37 Une fermette de la passe surélevée, mise en place, a coûté 1135 fr. 82.

Le mètre courant de passerelle de service sur les fermettes, comprenant tous les éléments mobiles de cette passerelle, est revenu à 55 fr. 43.

Les appareils Mégy, pour la manœuvre d'abatage et du relèvement des fermettes, coûtent par mètre courant :

Passes	navigable	129fr.45
	déversoir	86 ,30
	surélevée	105 ,70

Il existe, en outre, une grue de la force de 2000 kilogrammes, qui peut rouler sur la passerelle, pour le cas où il faudrait redresser une fermette ou la remplacer.

Cette grue a coûté 3 500 francs.

Engins de fermeture. — Des rideaux articulés et des vannes glissantes composent les engins de fermeture des travaux compris entre les fermettes.

On peut établir indifféremment les uns ou les autres de ces engins.

Des rideaux ont été construits pour la passe navigable et la passe surélevée, des vannes pour la passe déversoir, conformément aux dispositions du projet approuvé.

Nous avons vu déjà la description de ces rideaux appliqués au barrage de Poses.

Le prix de ces rideaux a été de 691 fr. 17 pour la passe navigable, et de 591 fr. 80 pour la passe surélevée.

Vannes. — Les vannes de la passe-déversoir sont au nombre de trois par travée : une de 8 centimètres d'épaisseur à la partie inférieure, une de 6, et une de 4 centimètres.

Digitized by Google

Pour atteindre le niveau de la retenue complète, on place au dessus une vannette de 30 centimètres de largeur et de 3 d'épaisseur.

La vanne est un panneau à peu près carré de $1^m,10$ de hauteur sur $1^m,22$ de largeur. Ce sont quatre madriers de chêne superposés et assemblés de la façon la plus simple.

On a protégé les abouts par des cornières à branches inégales ; la branche longue est fixée à chaque madrier par deux boulons; la branche courte, par une vis à tête fraisée. Dans le joint des madriers est logée une fourrure en fer plat, de 35 millimètres de hauteur et 10 millimètres d'épaisseur.

Les madriers sont encore réunis par un V en fer plat, de 50/10, placé à la partie antérieure de la vanne. Ce V se termine par une poignée en fer rond de 25 millimètres de diamètre. Une échancrure dans le madrier supérieur permet de saisir cette poignée avec un croc.

La vannette pèse 11 kilogrammes, et coûte 7 fr. 25.

La vanne de 4 centimètres pèse 83 kilogrammes, et coûte 41 fr. 01.

La vanne de 6 centimètres pèse 115 kilogrammes, et coûte 52 fr. 01.

La vanne de 8 centimètres pèse 147 kilogrrmmes, et coûte 60 fr. 40.

On a eu depuis l'occasion de faire établir des vannes de 7 et de 9 centimètres d'épaisseur pour fermer la moitié des travées de la passe navigable, ainsi qu'il sera dit plus loin.

Le poids de la vanne de 7 centimètres est de 136 kilogrammes, et son prix est de 58 fr. 95.

Le poids de la vanne de 9 centimètres est de 138 kilogrammes, et son prix de 70 fr. 84.

Le prix d'une travée de la passe-déversoir (fermette et vanne) est de 886 fr. 50.

Manœuvre des vannes. — La retenue du nouveau barrage de Suresnes ne se règle pas comme celle de l'ancien.

On s'efforçait autrefois de maintenir le niveau d'amont aussi fixe que possible; on s'efforce aujourd'hui de tenir un niveau fixe dans Paris, pour y assurer le tirant d'eau de $3^m,20$, et on ne le relève pas plus qu'il n'est nécessaire, afin de ne pas noyer les bas ports, et de ne pas réduire inutilement la hauteur du passage sous les ponts.

Pour le réglage de la retenue, les rideaux se lèvent par le bas. On les enroule quand le débit augmente; on les déroule dans le cas contraire.

La manœuvre des vannes est différente.

Si le débit du fleuve augmente, pour laisser passer l'eau, on soulève, ou, pour employer l'expression des barragistes, on souffle les vannes du rang supérieur.

On peut remonter ces vannes au-dessus de celles du second rang, jusqu'à ce que la pression de l'eau cesse de faire équilibre à leur poids. Il résulte même de ce soufflage une sorte de réglage automatique.

Digitized by Google

Si le niveau de l'eau s'élève, le débit de l'ouverture augmente ; s'il s'abaisse, la vanne n'est plus maintenue par la pression de l'eau : elle descend spontanément et ferme en partie l'ouverture.

Rien qu'en soufflant de cette manière, le premier rang des vannes, on règle l'ouverture du barrage, en raison des variations du débit du fleuve, pendant toute la saison d'été.

Si ce soufflage ne suffit pas, on enlève complètement les vannes du premier rang ; puis on enlève, une à une, les vannes du second rang, jusqu'à ce qu'elles soient toutes emportées.

Alors le fleuve entre en crue, et on enlève successivement le troisième, le quatrième, le cinquième rang, comme on a enlevé le deuxième.

Le soufflage des vannes du premier rang s'opère au moyen d'une traverse et d'un levier armé d'un bout de chaîne et d'un crochet.

Le barragiste pose une traverse sur la tête des fermettes ; il saisit avec le crochet la poignée de la vanne et la soulève en exerçant une pesée au bord du levier.

Un homme seul exécute ces manœuvres, même la nuit, avec la plus grande facilité.

Pour sortir les vannes du deuxième rang et celle des rangs inférieurs, on emploie un appareil nommé treuil mouton et qui est indiqué sur les figures 1 et 2 de la planche 15-16, et qui se compose :

1° D'une traverse qui glisse entre les fers à ⊥ saillants des fermettes et qui s'appuie sur les madriers des vannes. Elle est armée d'un crochet qui saisit la poignée de la vanne lorsqu'on veut la remonter, et qui est maintenue par une chaînette à distance de la vanne, lorsqu'on veut la faire descendre ;

2° D'une longue crémaillère à fuseaux, guidée en plusieurs points de sa course ;

3° D'un treuil qui agit par un pignon sur la crémaillère ;

L'appareil est monté sur un chariot plate-forme qui roule sur la voie de $1^{m},68$.

Ainsi qu'il a été dit précédemment, la passe-déversoir qui a $62^{m},38$ de longueur, est entièrement garnie de vannes.

On a été également amené à en installer dans la passe navigable.

Le fleuve étant divisé en deux bras, on ne peut se contenter de manœuvrer es engins du déversoir, on est forcé de manœuvrer aussi ceux de la passe navigable.

Les rideaux de la passe sont les plus lourds de tout le barrage. Les ouvertures par le bas, sous $3^{m},30$ de chute, produisent des courants très violents et des remous incommodes pour la navigation, les rideaux s'usent rapidement.

Pour toutes ces raisons, on ferme maintenant avec des vannes une travée sur deux de la passe navigable et on ne touche plus aux rideaux que pour les dérouler ou les enrouler d'un seul coup.

Digitized by Google

Prix de revient de la partie mobile du barrage. — L'ensemble des dépenses faites, en ajoutant les dépenses en régie aux dépenses de l'entreprise, atteint pour la totalité des mécanismes mobiles :

Passes	navigable.	171.808fr,62
	déversoir	66.378 ,44
	surélevée.	122.799 ,97
	Total. . .	360.987 ,03

Les prix de revient définitifs de la partie mobile du barrage sont donnés par le tableau suivant :

DÉSIGNATION DU PRIX	PASSE navigable	PASSE surélevée	PASSE déversoir	ENSEMBLE de barrage
Prix du mètre courant des parties mobiles du barrage	2.082fr,53	1.693fr,80	915fr,56	1.590fr,26

Aménagement des terre-pleins des îles. — Enfin, il a été exécuté sur le terre-plein des îles pour faciliter la manœuvre des barrages des aménagements qui comprennent :

1° Le chemin de ronde faisant suite aux passerelles ;

2° Les parcs à rideaux ;

3° Les garages des engins à manœuvre.

Nous n'y insisterons pas

Ces aménagements ont coûté ;

Terrassements et maçonneries.	69.487fr,27
Voies ferrées et accessoires.	32.274 ,01
Ensemble. . .	101.761 ,28
Maison de barragiste et magasin.	83 420 ,31
Total. . .	185.181fr,59

Résumé des prix d'exécution.

Grande écluse.	1.741.000fr,00
Petite écluse.	951.000 ,00
Réparation de l'ancienne écluse.	132.000 ,00
Portes	89.546 ,71
Estacades	61.048 ,78
Port de Suresnes	120.000 ,00

Digitized by Google

Murs de quai et perrés d'amont.		347.200 ,00
Murs de quai et perrés d'aval.		439.500 ,00
Déviation de la route nationale.		151.896 ,93
Egout collecteur.		166.000 ,00
Maison éclusière et dépendances.		60.154 ,49
		1.259.346fr,91

Passe navigable

Parties fixes.	716.724fr,32	888.532 ,94
Parties mobiles.	171.808 .62	

Passe déversoir

Parties fixes.	415.635 ,18	482.013 ,62
Parties mobiles.	66.378 ,44	

Passe surélevée

Parties fixes	551.983 ,80	674.783 ,77
Parties mobiles.	122.799 ,97	
Défenses de rives dans les trois passes. . . .		569.446 ,83
Aménagement des terre-pleins des îles. . . .		101.761 ,28
Maisons de barragistes et magasin.		83.420 .31
Total. . .		7.059.305 ,66

Pour avoir la dépense complète, il convient d'ajouter pour les acquisitions de terrains et les dépenses du personnel une somme de 135000 francs; on arrive ainsi à un chiffre total de :

7.194.305 fr. 66 c.

Digitized by Google

Ecluse à sas d'entrée du bassin Freycinet

(PORT DE DUNKERQUE)

Dispositions générales. — Le bassin Freycinet est en communication avec le port d'échouage par une écluse à sas de 21 mètres de largeur et 129 mètres de longueur de busc en busc.

L'écluse peut recevoir en vives eaux moyennes, des navires de $7^m,35$ de tirant d'eau et en mortes eaux moyennes, des navires de $6^m,35$.

Une paire de portes d'èbe busquées ferment le sas à chacune de ses extrémités; les portes d'aval sont protégées contre les grandes marées et les tempêtes par des portes-valets qui les maintiennent appuyées contre le busc.

Le sas est divisé en deux parties par des portes d'èbe intermédiaires placées entre les portes extrêmes et aux deux tiers de leur distance à partir de l'amont.

On a ainsi : 1° un petit sas de 52 mètres de longueur de busc en busc; 2° un sas moyen de 77 mètres ; un grand sas de 129 mètres.

Les communications d'une rive à l'autre sont assurées par deux ponts tournants : l'un est immédiatement en aval des portes d'amont, l'autre immédiatement en aval des portes intermédiaires.

On a ménagé, dans les bajoyers, des aqueducs, et des vannes dans les portes au moyen desquels se font les mouvements d'eau pour les sassements.

Aux extrémités de l'écluse, des feuillures sont pratiquées et permettent de la fermer par deux bateaux-portes, afin de pouvoir visiter et réparer le radier et les portes.

Les bajoyers du sas sont verticaux ; le radier est construit en voûte renversée sauf dans les parties correspondant aux chambres des portes où il est plan. Le profil du radier courbe est une anse de panier à cinq centres, ayant $3^m,50$ de flèche et tracée de façon à limiter à 50 centimètres la différence de niveau entre le point le plus bas et le point situé à 4 mètres de distance horizontale du bajoyer.

A l'amont et à l'aval, le radier est protégé par des avants-radiers qui ont respectivement 8 mètres et 40 mètres de longueur.

Dimensions principales. — Les principales dimensions sont les suivantes :

Digitized by Google

Hauteur d'eau sur le radier en basses mers, moyennes de vives eaux ordinaires.	2^m,00
Hauteur d'eau sur le radier en pleines mers de vives eaux moyennes.	7 ,45
Hauteur d'eau sur le radier en pleines mers de mortes eaux moyennes..	6 ,45
Largeur de l'écluse.	21 ,00
Longueur de tête en tête entre les lignes de palplanches extrêmes de la fondation	168 ,00
Distance entre les pointes des buscs des portes extrêmes,	129 ,00
Distance entre les pointes des buscs des portes d'aval et des portes intermédiaires.	52 ,00
Distance entre les pointes des buscs des portes intermédiaires et des portes d'amont.	77 ,00
Longueur d'une enclave de porte.	12 ,00
Longueur mesurée des sacs entre la corde du busc d'amont et l'origine de l'enclave des portes d'aval :	
1° pour le petit sas.	40 ,00
2° pour le moyen sas	65 ,00
3° pour le grand sas	117 ,00
Flèche des buscs	3 ,70
Saillie des buscs	0 ,35
Saillie des seuils du bateau-porte	0 ,50
Épaisseur du radier dans le sas.	3 ,00
Épaisseur maximum du radier sous les buscs. . . .	4 ,50
Hauteur du couronnement au-dessus du fond de radier des sas.	9, 20

Organes de sassement. — Depuis la tête amont jusqu'à la tête aval de l'écluse, on a ménagé dans l'épaisseur du bajoyer, sur chaque rive, un aqueduc longitudinal. Sur chacun de ces aqueducs longitudinaux s'embranchent trois aqueducs transversaux qui débouchent dans le grand sas : le premier à l'extrémité amont, le second à peu près au milieu de la longueur totale, immédiatement en amont de la chambre des portes intermédiaires, le troisième dans la chambre des portes-aval.

Le premier de ces aqueducs transversaux présente une section de 8 mètres carrés, les deux autres n'ont que deux mètres carrés.

Chacun des aqueducs longitudinaux (fig. 8, pl. 55-56) est partagé en quatre tronçons dont les sections varient avec les volumes d'eau dont elles doivent assurer l'écoulement, dans un sens ou dans l'autre.

La section est de 5 mètres de la tête d'amont au premier aqueduc transversal.

Elle se réduit à 3 mètres carrés entre le premier et le second aqueduc et remonte à 5 mètres entre le second et le troisième.

A partir de ce dernier jusqu'à la tête d'aval, elle est de 7 mètres carrés, c'est-à-dire égale à la somme des sections des aqueducs transversaux.

Digitized by Google

On a arasé les radiers des acqueducs un peu au-dessus de niveau des plus basses mers, pour en faciliter la visite.

Les têtes d'amont des aqueducs longitudinaux sont munies de clapets de fermeture montés à charnière, que l'on rabat sur leurs sièges toutes les fois qu'il faut visiter les aqueducs à marée basse.

Les têtes d'aval sont également disposées pour recevoir des clapets, si leur fermeture devenait nécessaire pour quelque réparation.

Les vannes des portes sont levantes et sont manœuvrées à bras. Les aqueducs transversaux sont fermés par des vannes tournantes à axe vertical. Elles peuvent être manœuvrées à bras ou à l'aide d'un appareil à air comprimé.

Pour les aqueducs longitudinaux, on les a disposés de manière à faire concourir pour leur ouverture la chute d'eau qui existe entre le bassin à flot et l'avant-port.

Le sytème employé est le suivant :

Les aqueducs sont fermés à leur extrémité par une porte tournante dièdre, dite porte en éventail, dont l'axe est vertical et dont les deux côtés sont inégaux. L'angle des deux côtés est droit pour la porte d'amont, un peu obtus pour celle d'aval.

L'axe de rotation est placé suivant l'arête du dièdre, en dehors et à 25 centimètres du contour de l'orifice qui met l'aqueduc en communication avec le puits où est logée la porte tournante.

Le petit côté du dièdre, de l'amont vers l'aval, l'orifice de l'aqueduc en s'appuyant par un recouvrement de 10 centimètres sur la paroi d'aval du puits, le grand côté se meut, avec un jeu de 1 centimètre, dans une chambre cylindrique pratiquée aux dépens de la paroi du puits.

Du fond de cette chambre, part un conduit de décharge (fig. 3 et 17, pl. 55-56) muni d'une vanne et aboutissant à une certaine distance en aval de la porte.

Tant que la vanne de ce conduit de décharge reste fermée, la pression de l'eau d'amont maintient la porte hermétiquement close.

Au contraire, lorsque la vanne est levée, l'eau en s'écoulant diminue la pression sur la face postérieure du grand côté, tandis que la face antérieure reste soumise à la pression de l'eau d'amont. Alors la porte s'ouvre d'elle-même.

Un treuil manœuvré soit à bras, soit à l'eau comprimée, achève l'ouverture de la porte au moyen d'une chaîne.

Pour les manœuvres du moyen et du petit sas on se sert des vannes des aqueducs transversaux ; pour l'usage des grands sas, ces vannes restent ouvertes pour le remplissage comme pour la vidange.

Le remplissage se fait ordinairement en ouvrant les portes en éventail d'amont des aqueducs longitudinaux ($2 \times 5 = 10^{m2},00$) ; ce n'est qu'exceptionnellement que l'on emploie les vannes des portes busquées d'amont $6^{m2},00$).

Digitized by Google

Les orifices d'amenée de l'eau des aqueducs longitudinaux sont établies de façon que les pressions sur les carènes des navires se neutralisent.

La vidange du grand sas s'opère ordinairement par les portes en éventail d'aval des aqueducs longitudinaux ($2 \times 7 = 14^{m2},00$) et exceptionnellement, par les vannes des portes busquées d'aval ($6^{m2},00$).

Pour le grand sas, la durée totale de remplissage par les aqueducs, avec une différence de niveau de 8 mètres entre le bassin et le port d'échouage, est de deux minutes, y compris le temps nécessaire à l'ouverture des acqueducs. On utilise encore l'ensemble des aqueducs et des vannes pour donner des chasses destinées à nettoyer le sas et l'avant-radier.

Détails de construction. — Le terrain où sont établies les constructions est formé de sable pur jusqu'à une profondeur de 20 mètres environ au-dessous des basses mers.

L'écluse est assise sur une couche de béton de $1^m,50$ d'épaisseur sous le radier du sas et de $2^m,50$ à 3 mètres le long des têtes, sous les chambres des portes busquées et sous les seuils des bateaux-portes.

Le béton est composé de volumes égaux de briques concassées, de galets de Calais et de mortier, et coulé dans une enceinte de pieux et de palplanches en orme.

Les faces latérales de l'enceinte ont été arrachées après la prise du béton et l'on n'a conservé que celles des têtes amont et aval. Celles-ci sont formées de palplanches de 8 mètres de longueur et de pieux de $8^m,50$, assemblés en rainures et grains d'orge et moisés.

Le mortier est composé de 0,80 c. de chaux éminemment hydraulique, 0,40 de trass et de 0,25 de cendre de houille.

Le mortier des maçonneries au-dessus du béton, est composé de ciment de Portland et de sable ; celui des maçonneries de pierres de taille et des enduits est dosé à raison de 570 kilogrammes de ciment par mètre cube de mortier ; pour les autres ouvrages, la proportion de ciment a varié de 350 kilogrammes à 500 kilogrammes.

Toutes les maçonneries de remplissage sont en briques jaunes du pays ; les parements vus des bajoyers sont en pierre de taille de diverses provenances ; le granit était réservé pour les musoirs, les chardonnets, les angles d'enclave des portes busquées, les feuillures de bateaux-portes, les encuvements de ponts et les tablettes de couronnement. Toutes ces pierres sont bouchardées et ciselées.

Les pierres courantes sont simplement smillées à la grosse pointe au-dessous du niveau moyen de la mer ; elles sont bouchardées avec ciselure d'encadrement au-dessus de ce niveau.

Les avants-radiers sont limités par une enceinte de pieux et palplanches en orme moisés ; ils comprennent :

Digitized by Google

1° Un corroi d'argile de 1 mètre d'épaisseur ;

2° Une couche de 50 centimètres de menus matériaux liés par les déchets provenant du blutage de la chaux hydraulique employée dans le béton ;

3° Un revêtement de maçonnerie sèche de 50 à 60 centimètres dont les joints sont remplis avec les mêmes déchets de chaux et des débris de pierres fortement coincés au marteau.

Ce massif est consolidé et maintenu dans l'avant-radier d'aval par trois liernes transversales en orme, qui sont boulonnées, de 2 en 2 mètres, sur des pivots d'orme en grume de 4 mètres et qui partagent la longueur de l'avant-radier en quatre parties égales.

Des affouillements s'étant produits à l'aval, l'avant-radier a été prolongé de 20 mètres, au moyen d'une couche de moellons bruts de 1 mètre d'épaisseur recouverte d'une couche de béton de 60 centimètres d'épaisseur.

Dépense. — La dépense de construction de l'écluse proprement dite s'est élevée à 3 millions de francs, qu'il faut répartir ainsi :

	QUANTITÉS	PRIX
	mètres cubes.	francs
Terrassements	207.000.000	300.150
Battages	625.000	117.940
Béton de chaux et trass pour fondations	14.737.000	356.300
Pierre de taille de grand appareil de granit	956.000	177.377
Pierre de taille de grand appareil de Soignies	75.000	15.380
Pierre de taille de grand appareil de Marquise	967.000	111.383
Pierre de taille de moyen appareil de granit	14.000	1.918
Pierre de taille de moyen appareil de Marquise	1.036.000	98.905
Pierre de taille de petit appareil de Marquise	659.000	42 831
Maçonnerie de moellons de Marquise	977.000	21.840
Maçonnerie de briques jaunes	21.100.000	485.300
Pavages	955.000	16.405
Enduit au ciment	5.525.000	3.040
Taille de parements	5.736.000	72.115
Smillage	4.646.000	18.588
Refouillement de pierre de taille	11.242	29.230
Canons d'amarre et échelles	»	7.510
Avant-radier d'amont	»	29.500
Avant-radier d'aval y compris le prolongement au moyen de blocs	»	116.200
Fournitures de ciment de Portland	4.300 qtx	315.000
Épuisements et frais généraux	»	663.088
Total	. . . .	3.000.000

Digitized by Google

Portes busquées. — Les portes busquées sont en fer galvanisé. Les dimensions principales sont les suivantes :

Hauteur totale	$8^m,45$
Hauteur au-dessus du zéro des cartes marines, égale à celle des hautes mers de vives eaux d'équinoxe ordinaires	6 ,65
Largeur totale y compris les fourrures extrêmes. .	11 ,59

Chaque vantail est ainsi constitué :

1° Un cadre composé d'une traverse supérieure, une traverse inférieure, une poutre tubulaire formant poteau-tourillon, et une poutre-tubulaire formant poteau busqué ;

2° Cinq montants verticaux qui partagent, en six espaces égaux, l'intervalle entre le poteau-tourillon et le poteau busqué ;

3° Quinze membrures horizontales qui raidissent le bordage entre les montants verticaux et les poteaux tourillon et busqué ;

4° Quatre écharpes de contre-ventement, à sections décroissantes, sur la face d'amont du ventail.

Un bordage en tôle couvre toute la face d'aval du vantail, sauf deux ouvertures de $1^m,37$ de largeur et $2^m,535$ de hauteur, qui correspondent aux ventelles, et sont placées tout entières au-dessus des basses mers de vives eaux.

A partir du poteau-tourillon et le poteau busqué inclusivement entre le deuxième montant, le vantail présente, dans sa partie inférieure, une chambre à air étanche de $4^m,465$ de hauteur.

Du côté opposé, entre ce même montant et le poteau tourillon inclusivement, le vantail contient une chambre à eau de $2^m,525$ de hauteur.

Une pompe, munie d'un double tuyau d'aspiration (fig. 2 et 5), permet d'enlever l'eau qui pourrait s'infiltrer dans la chambre à air, ou de régler le niveau dans la chambre à eau.

La chambre à air a pour but de déterminer le poids de la porte dans l'eau.

Portes-valets. — Les portes-valets, dont nous avons déjà parlé plus haut, sont en bois de grunhaert.

Chacune d'elles comprend : un poteau-tourillon, un poteau busqué, une traverse supérieure, une traverse inférieure, un montant vertical intermédiaire, des fermes d'attache et de contre-ventement dont l'agencement et les dimensions sont indiquées sur la figure 10, planche 57-58.

Portes tournantes des aqueducs transversaux (fig. 11 à 19, pl. 59-60).— Chaque aqueduc transversal est fermé, près de sa jonction avec l'aqueduc longitudinal, par un système de deux portes tournantes à axe médian vertical : ces portes sont d'égales dimensions ; elles s'appuient sur un cadre fixé dans la maçonnerie et sur un montant vertical commun placé au milieu de l'ouverture.

Digitized by Google

Portes en éventail des aqueducs longitudinaux (fig. 1 à 7, pl. 59-60). — Nous avons vu plus haut comment ces portes étaient constituées, et quel était leur système d'ouverture et de fermeture.

Dépenses. — La dépense de construction des organes de fermeture du sas et des aqueducs s'est élevée à 236 154 fr. 40, répartis de la façon suivante :

Portes d'èbe (3 paires de porte)

Fer	48.853kg673	25.773fr33	
Acier doux	2.355 ,958	3.180 ,95	
Acier vif	6 ,000	10 ,80	
Fonte	2.115 ,200	981 ,96	
Bronze	111 ,800	503 ,10	
Bois de greenhaert	1m3352	338 ,40	
Bois de chêne	0 ,855	240 ,20	
Caoutchouc	1 ,660	28 ,29	
Total pour un vantail		31.057fr03	
Et pour six vantaux			186.342fr18

Portes-valets (1 paire de portes)

Fer	1087kg250	684fr96	
Acier doux	386 ,500	521 ,78	
Acier vif	5 ,000	9 ,00	
Fonte	1.841 ,750	650 ,87	
Bois de greenhaert	7m3044	1.743 ,39	
Total pour un vantail		3.610 ,00	
Prix des deux vantaux			7.220,00

Portes tournantes des aqueducs transversaux
(6 paires de portes semblables)

Fer	2.796kg486	1,519fr14	
Acier doux	86 ,783	117 ,15	
Fonte	1.673 ,141	385 ,36	
Bois de greenhaert	0m3311	76 ,56	
Caoutchouc	42 ,367	610 ,09	
Total pour une porte		2.708 ,30	
Prix des six portes			16 249,80

Portes en éventail des aqueducs longitudinaux
(4 portes semblables)

Fer	5931kg756	3.164fr74	
Acier doux	359 ,875	485 ,84	
Acier vif	142 ,375	256 ,28	
Fonte	4.909 ,778	1.134 ,80	
Bronze	139[.37	62 ,71	
Bois de greenhaert	0m3468	115 ,20	
Caoutchouc	13 ,250	147 ,60	
Total pour une porte		5.367 ,17	
Prix des quatre portes			21.468,68

Digitized by Google

Vannes de l'aqueduc de décharge des chambres des portes en éventail
(4 vannes semblables)

Fer.	31ᵏᵍ455	31ᶠʳ93	
Fonte	1.655,750	522,08	
Bronze.	38,000	171,00	
Bois de greenhaert . .	0ᵐ³145	35,89	
Total pour une vanne		760.90	
Prix des quatre vannes.			3.043,60

Clapets des têtes d'amont des aqueducs longitudinaux
(2 clapets semblables)

Fer.	778ᵏᵍ625	527ᶠʳ95	
Fonte	108,771	48,94	
Bois de chêne. . . .	1ᵐ³263	338,18	
Total pour un clapet.		915,07	
Et pour deux semblables.			1.830,14
Montant total			236.154,40

Moteurs hydrauliques des treuils des portes d'èbe. — Les emplacements des treuils de manœuvre des portes d'èbe sont indiqués sur la planche 55-56, figure 2. Aucune partie de ces appareils ne fait saillie au dessus du terre-plein de l'écluse.

Ils servent à la fois pour ouvrir le vantail d'un bord, et pour fermer celui de l'autre, au moyen de deux chaînes en fer rond de 25 millimètres de diamètre, s'enroulant sur deux tambours qui ont un même axe de rotation horizontal et perpendiculaire à l'axe de l'écluse.

Chacun de ces tambours présente une rainure héliçoïdale pour guider l'enroulement de la chaîne ; le sens de l'hélice de l'un des tambours est inverse de celui de l'autre.

Le diamètre du tambour de la chaîne de fermeture, ou chaîne d'aval, est de 85 centimètres, tandis que celui du tambour de la chaîne d'ouverture est de 50 centimètres : les deux tambours ont la même vitesse angulaire.

Moteurs hydrauliques des portes tournantes des aqueducs (fig. 11 à 17, pl. 59-60).— Le mouvement de la tige verticale, qui actionne les vantaux accouplés des portes tournantes, est produit à volonté par un moteur hydraulique ou par un moteur à bras.

Le moteur hydraulique consiste en un cylindre à double effet A, dont le piston agit directement sur la traverse horizontale d'un cadre rigide attelé, par sa traverse inférieure, à la tige verticale de la vanne.

En cas d'accident à l'appareil hydraulique, la vanne est levée à bras, au moyen d'un cabestan C dont la tête est en contre-bas du sol.

Moteurs hydrauliques des portes en éventail (fig. 1 à 10, pl. 59-60).— Les

Digitized by Google

portes en éventail sont manœuvrées à l'aide d'un treuil à double tambour, que l'on peut mouvoir à la main, au moyen d'un engrenage conique dont le pignon est fixé sur un axe vertical terminé par une tête de cabestan D, à quatre douilles inclinées; le tout est noyé dans la maçonnerie sous un couvercle mobile en fonte. Mais on n'opère à la main qu'en cas d'arrêt du moteur hydraulique.

Les deux tambours du treuil tournent librement sur leur arbre commun; ils sont séparés par un manchon d'embrayage dont la position détermine l'entraînement du tambour qui doit agir. Le second reste libre, ce qui lui permet de tourner en sens inverse pour laisser dérouler sa chaîne, à mesure que la porte se déplace.

Dépenses des moteurs hydrauliques. — La dépense d'établissement des moteurs hydrauliques, et appareils de manœuvre à bras, s'est élevée à 167910 fr. 57, ainsi répartis :

1 pompe horizontale à vapeur avec tous ses accessoires et 1 accumulateur hydraulique	56.250f00
Tuyauterie d'eau sous pression, tuyauterie de retour et soupapes diverses	25.261 ,90
6 Moteurs hydrauliques pour la manœuvre des trois portes d'èbe.	21.000 ,00
6 Moteurs hydrauliques pour les 6 couples de portes tournantes des aqueducs transversaux.	6.000 ,00
4 Moteurs hydrauliques pour les treuils de manœuvre des 4 portes en éventail des aqueducs transversaux.	11.400 ,00
4 Moteurs hydrauliques des vannes des conduits de décharge des chambres de manœuvre des portes en éventail	4.500 ,00
6 Treuils de manœuvre des portes d'èbe avec leurs chaînes	35.406 ,24
6 Cabestans pour manœuvrer à bras les portes tournantes des aqueducs transversaux	4.014 ,52
4 Treuils de manœuvre des portes en éventail . . .	3.001 ,51
4 Cabestans de manœuvre à bras des vannes de décharge	1.076 ,37
Total	167.910 ,57

Exécution des travaux. — L'écluse à sas du bassin a été mise en adjudication le 15 avril 1872; l'entrepreneur, après avoir exécuté les fouilles, et commencé le battage des pieux et palplanches, demanda la résiliation au mois d'octobre 1873, et licencia ses ouvriers.

Le travail fut repris en régie par l'administration, et l'on fit ainsi, de novembre 1873 à juillet 1875, les fondations de l'écluse et toutes les maçonneries de la partie inférieure jusqu'au niveau du radier courbe.

Le béton de fondation, dont le volume est d'environ 15 000 mètres cubes, fut

Digitized by Google

coulé pendant les mois de juin, juillet et août 1874, et la première assise de pierres fut posée le 6 septembre suivant.

Le 28 juin 1875 eut lieu une nouvelle adjudication.

Les entrepreneurs prirent possession du chantier au mois de juillet suivant, et terminèrent les maçonneries en 1877, à l'exception de quelques menus ouvrages.

L'écluse, proprement dite, a été achevée en 1878.

La construction des organes de fermeture du sas et des aqueducs a été adjugée le 3 septembre 1879 ; les travaux ont été terminés le 21 août 1880. La mise en service a commencé le 31 octobre 1880.

Les projets ont été dressés et les travaux exécutés par M. Guillain, ingénieur des ponts et chaussées, sous la direction de MM. Plocquet, Eyriaud, Desvergnes, ingénieurs en chef.

Pont roulant sur l'écluse du bassin à flot de Saint-Malo

Le programme de 1878 pour la création des deux bassins à flot de Saint-Malo et de Saint-Servan prévoyait aussi la construction d'une route de jonction entre ces deux villes.

Cette route (voir le plan ci-joint) suit le terre-plein du barrage de Saint-Malo, emprunte la digue de réduction et le terre-plein du barrage de Saint-Servan. Elle traverse ainsi les deux écluses nouvelles, dont la largeur est de 18 mètres, au moyen de deux ponts roulants P P qui sont manœuvrés à l'aide d'appareils à eau comprimée.

On a construit les deux ponts sur le même type ; la longueur de chacun d'eux est de 38^{m},80 dont 22^{m},80 pour la volée et 16 mètres pour la culasse ; la largeur totale est de 8 mètres.

Deux fermes soutiennent le tablier, elles sont reliées entre elles par des pièces de pont qui portent une voie charretière de 5 mètres et deux trottoirs de 1 mètre de largeur.

Le poids total du pont est de 181 500 kilogrammes, dont 35 500 kilogrammes servent de contrepoids pour la culasse.

Digitized by Google

Quand la passe est fermée, le pont repose sur les maçonneries par ses deux extrémités et par sa partie centrale. On se trouve alors dans le cas d'un pont fixe ordinaire et les organes du mécanisme sont indépendants du pont et des charges qu'il supporte.

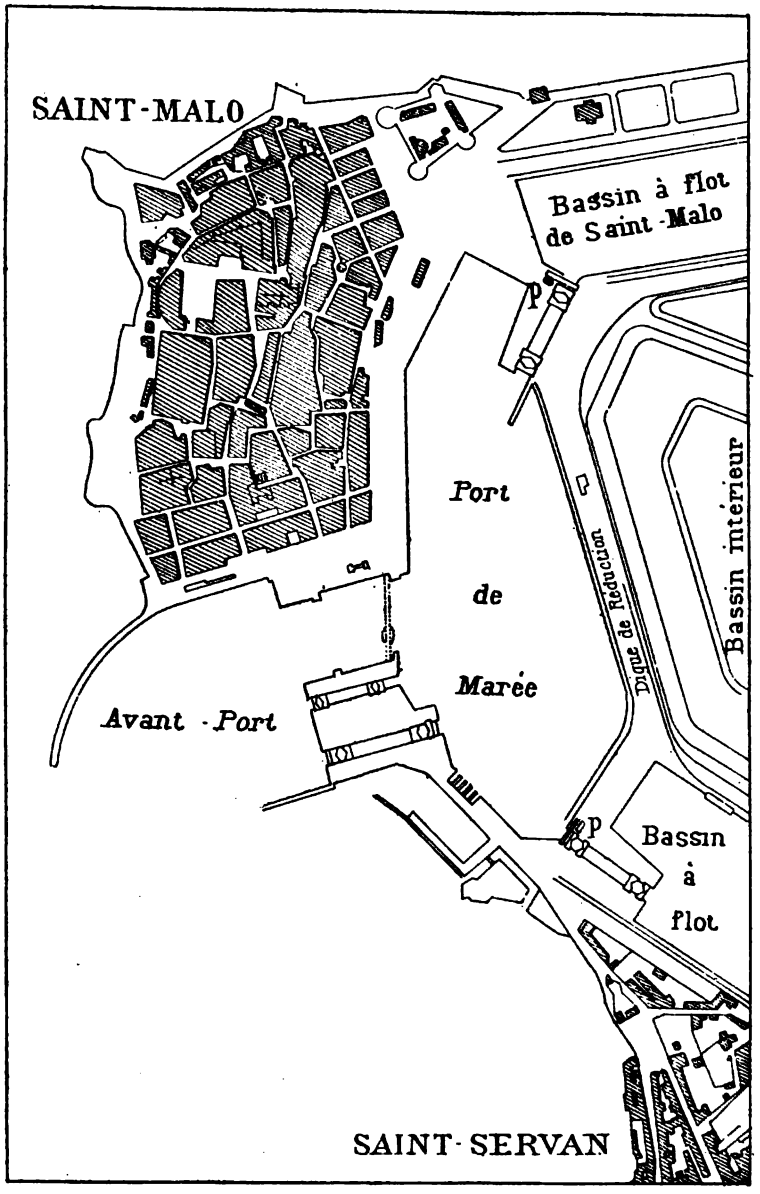


Fig 1. — Plan général du Bassin à flot de Saint-Malo.

Digitized by Google

Voici en quoi consistent les manœuvres à exécuter pour dégager la passe :

Soulever le pont, parallèlement à lui-même, au-dessus du couronnement de l'encuvement ;

Glisser sous les poutres des galets de roulement ;

Redescendre le pont pour le faire reposer sur les galets et pour dégager les pièces du mécanisme de soulèvement ;

Imprimer au pont un mouvement rectiligne pour le ramener en arrière ;

Pour la fermeture de la passe le mouvement est naturellement inverse ;

L'exécution de ces divers mouvements exige le mécanisme suivant :

Une presse hydraulique verticale, logée dans une fosse en maçonnerie à l'aplomb du centre de gravité du pont ;

Un chevêtre en fer reposant sur la tête du piston de la passe; les extrémités de ce chevêtre sont garnies à la partie supérieure de sommiers en fonte placés à l'aplomb des poutres du pont.

Un appareil appelé *récupérateur* inventé par M. Barret. Cet appareil, fonctionnant comme un accumulateur, forme, avec la presse de soulèvement, une sorte de balance hydrostatique qui permet d'emmagasiner le travail produit par la descente du pont et, permet ainsi de dépenser beaucoup moins d'eau comprimée pour le soulèvement.

Quatre galets doubles, ayant leur mouvement dans le sens transversal du pont ; on amène les galets sous les poutres quand le pont doit être reculé, on les retire quand le pont est en place, pour qu'il repose sur les maçonneries.

Deux autres galets semblables, fixes et placés dans le prolongement des poutres, pour soutenir la culasse, quand le pont est retiré.

Deux appareils de translation sur les parois du chevêtre pour imprimer au pont un mouvement de va-et-vient.

Quatre heurtoirs, dans l'alignement des poutres, pour limiter le mouvement de recul du pont.

Un accumulateur où l'eau est comprimée à 60 atmosphères, commun aux deux écluses, alimente les appareils de manœuvre et les cabestans, mettant ainsi en mouvement la presse de soulèvement, les galets mobiles et les appareils de translation.

Pour toutes les manœuvres un homme suffit. La durée pour la fermeture ou l'ouverture de la passe est en moyenne de trois minutes.

On a élevé pour chaque pont un petit bâtiment, renfermant les appareils de distribution *abc* (fig. 2, pl. 61-62) et le récupérateur R; il contient en outre une pompe à bras *d*, destinée à comprimer au besoin l'eau nécessaire aux manœuvres du pont.

L'eau sous pression est amenée par les conduites *b* (aller) et *c* (retour) qui relient le pavillon avec un bâtiment construit sur la digue et contenant l'accumulateur et les machines de compression.

Digitized by Google

Pont (fig. 1, pl. 61-62 et 65-66 ; fig. 1 et 2, pl. 63-64). — Le tablier du pont est supporté par deux fermes, à âmes pleines, leur forme est celle d'un solide d'égale résistance et dont la hauteur maximum est de $2^m,814$.

La semelle supérieure, de 50 centimètres de largeur, est constituée par des tôles de 8 à 10 millimètres d'épaisseur, dont le nombre décroît depuis l'axe de la presse de soulèvement jusqu'aux extrémités ; la semelle inférieure de 40 centimètres de largeur, est constituée avec des tôles de 11 millimètres et a une épaisseur uniforme sur toute la longueur du pont.

On a fixé sur la semelle inférieure une plate-bande de roulement en acier, de même longueur, et de 25 millimètres d'épaisseur.

On a relié fortement la semelle inférieure à l'âme de la ferme, au moyen de deux fourrures de 23 centimètres de hauteur et de deux cornières. Les ailes verticales de ces cornières ont 180 millimètres de hauteur et les ailes horizontales 100 millimètres.

Les âmes qui n'ont que 10 millimètres d'épaisseur sont renforcées par des montants verticaux de mètre en mètre ; dans la partie correspondant à la presse de soulèvement, sur une longueur de 4 mètres, ces montants sont rapprochés à 72 et à 56 centimètres.

Le montant placé directement au-dessus du centre de la presse et les deux montants adjacents sont renforcés par des fourrures et par une bordure extérieure en cornière.

Les fermes sont reliées par des pièces de pont espacées de 2 mètres d'axe en axe ; ces pièces, en tôle et cornières, s'appuient sur la semelle inférieure des fermes et sont en outre assemblées aux âmes par des goussets et des cornières.

Les pièces de pont sont reliées par cinq cours de longerons en forme de double T ; l'espacement des longerons est de $1^m,666$ d'axe en axe. Des traverses en bois de 20 centimètres de hauteur sur 12 centimètres d'épaisseur sont intercalées entre les pièces du pont.

Ces traverses en bois sont espacées de 40 centimètres d'axe en axe, et servent à supporter le tablier de la voie charretière.

Le tablier du pont est formé par des madriers longitudinaux de 7 centimètres d'épaisseur, reposant sur les pièces du pont et les traverses, et par un platelage en madriers de 6 centimètres d'épaisseur, fixé sur les madriers longitudinaux dans le sens transversal.

De chaque côté de la voie charretière, deux poutrelles sont en bordure. Les poutrelles sont en tôle et cornières, et sur elles reposent les abouts des madriers de 6 centimètres d'épaisseur, qui forment les trottoirs.

Pour former le contreventement horizontal, on a fixé sous les pièces du pont des croix de Saint-André en fer plat de 140 millimètres sur 12.

Pour recevoir le lest, du côté de la culasse, huit panneaux en tôle de 10 millimètres d'épaisseur sont fixés horizontalement, de chaque côté du pont, sous les pièces de pont et les longrines.

Digitized by Google

Chevêtre. — Le chevêtre au moyen duquel la presse centrale soulève le pont, a la forme d'un solide creux dont les sections sont rectangulaires. Ce chevêtre est composé de deux semelles en tôle de 10 millimètres d'épaisseur, dont le nombre va en décroissant du centre aux extrémités. Les semelles sont eliée par trois âmes verticales pleines, divisant ainsi le chevêtre en deux tubes horizontaux ; des cloisons transversales entretoisent les âmes ; la cloison du milieu et celles des extrémités sont pleines ; on a ménagé des ouvertures dans les autres pour le passage des ouvriers en cas de réparation ; on pénètre dans les tubes par des trous d'hommes ménagés dans la semelle supérieure.

Deux sommiers en fonte sont fixés sur les extrémités de la semelle supérieure du chevêtre pour recevoir les fermes du pont pendant le soulèvement.

Deux glissières en fonte servent à guider le chevêtre. Ces glissières sont boulonnées sur les bouts et coulissent dans deux pièces en fonte encastrées solidement dans les parois de la cuve en maçonnerie.

Pour recevoir la tête du piston de la presse de soulèvement un fort sommier en fonte est boulonné sous le chevêtre.

Appareils de translation. — Les appareils de translation se composent de deux presses hydrauliques fixées horizontalement sur les parois verticales du chevêtre, et se déplaçant avec lui.

Les cylindres en fonte E, ont 55 millimètres d'épaisseur ; chacun d'eux est fermé par un couvercle boulonné avec lequel est venue de fonte une chape portant quatre poulies *ffff*, le plongeur F a 38 centimètres de diamètre et $2^{m},450$ de course ; il est formé par un cylindre en fonte de 35 millimètres d'épaisseur ; la tête est mobile et maintenue avec des boulons, elle porte, comme le couvercle, une chape garnie de trois poulies *fff* ; sa course est guidée par deux barres en fer forgé KK, de 90 millimètres de hauteur sur 70 d'épaisseur, dont les supports L sont également boulonnés sur la paroi du chevêtre.

Les chaînes *ggg* sont en fer rond de 25 millimètres de diamètre ; elles sont mouflées sur les poulies et chacune d'elles est renvoyée dans la direction de l'axe du pont au moyen d'une poulie *h* dont le support est fixé sur la paroi du chevêtre.

L'une des extrémités des chaînes est fixée à la presse correspondante au moyen d'un tendeur *i* (fig. 1, pl. 65-66) ; l'autre extrémité est attachée sous une des pièces du pont (fig. 2, pl. 63-64).

Les tuyaux de circulation de l'eau comprimée sont raccordés sur les cylindres des presses par des bouts articulés T.

Presse de soulèvement (fig. 1, 4, 5 ; pl. 65-66).—La presse de soulèvement A est construite en deux tronçons réunis par des brides boulonnées ; le tronçon inférieur a 88 centimètres de hauteur, $1^{m},06$ de diamètre intérieur et 14 milli-

Digitized by Google

mètres d'épaisseur ; il est fermé, dans le bas, par un bouchon en fonte et encastré dans une chaise en fonte *c* où il est maintenu par une large clavette en fer forgé. Dans le prolongement de cette chaise, sont installés deux rails en fonte sur lesquels on fait glisser la presse, pour la sortir de la fosse en cas de réparations.

Le tronçon supérieur de la presse a 1^m,580 de hauteur, 1^m,04 de diamètre intérieur et 14 millimètres d'épaisseur ; il présente à l'intérieur un renflement de 2 centimètres de saillie, qui sert de butée pour empêcher le plongeur de sortir de la presse.

Un presse-étoupes forme le joint supérieur.

La presse est maintenue en place par quatre barreaux en fonte à nervures D, dont une extrémité s'appuie sur la bride d'assemblage des deux tronçons et dont l'autre extrémité repose sur des pièces de fonte encastrées et boulonnées dans les parois en maçonnerie de la fosse.

Le plongeur B est un cylindre creux en fonte de 2 mil. 200 de hauteur totale, fermé dans le bas par un bouchon ; son diamètre est de 1 mètre pour la partie supérieure qui traverse le presse-étoupes, c'est-à-dire sur une hauteur de 1^m,525, à la partie inférieure, sur une hauteur de 675 millimètres, le diamètre est porté à 1^m,04 de façon à former un renflement qui bute sur celui que l'on a réservé à l'intérieur du cylindre, et limite la course du plongeur pendant le soulèvement du pont. La tête du plongeur s'encastre librement dans le sommier fixé sous le chevêtre.

La communication est établie avec le récupérateur au moyen d'un tuyau *a*, partant du bas du cylindre de la presse.

En cas de rupture des tuyaux, un appareil de sûreté est fixé dans le tuyau à proximité de la presse.

Cet appareil de sûreté est une boîte contenant une soupape pressée sur ses deux faces par l'eau comprimée ; la section de la partie inférieure de la boîte est un peu plus grande que celle de la partie supérieure, en raison de l'espace occupé par la tige de la soupape, et l'excès de pression maintient la soupape soulevée pendant la montée et la descente du plongeur. Si la pression vient à être détruite, la soupape n'étant plus pressée que sur la face supérieure, se ferme subitement et arrête la sortie de l'eau contenue dans la presse.

Le diamètre du plongeur calculé pour assurer l'équilibre du pont aurait eu l'inconvénient d'employer une trop grande masse d'eau à 60 atmosphères ; c'est ce qui a amené l'emploi du récupérateur.

La figure 2 ci-jointe montre le fonctionnement théorique de cette sorte de balance hydrostatique.

Dans la pratique, au lieu que le piston soit mobile, celui-ci est fixe et c'est le cylindre qui est mobile et porte la caisse de charge, pour éviter d'avoir à retirer la caisse de charge et le piston chaque fois qu'il aurait été nécessaire pour changer de garnitures

Digitized by Google

Voir la figure ci-jointe :

La tige du piston est formée par un cylindre creux, en fonte A, de 48 centimètres de diamètre, qui repose sur la fondation au moyen d'un patin circulaire de 1m,40 de diamètre, renforcé par des nervures ; la tige est munie dans le haut de bagues en fer formant un piston de 54 centimètres de diamètre, garni de deux cuirs emboutis ; le tout est maintenu en place par une plaque en fonte boulonnée.

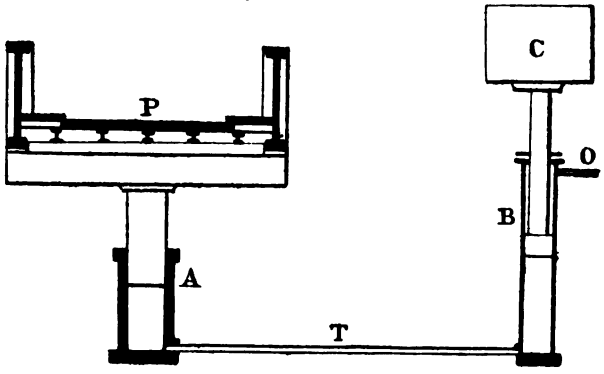


Fig. 2. — Figure théorique de la balance hydrostatique

Fig. 3.— Coupe horizontale de la presse du Récupérateur

La communication entre la presse de soulèvement et le cylindre mobile du récupérateur est établie par l'intérieur de la tige au moyen du tuyau *a*.

Le cylindre mobile du récupérateur a 54 centimètres de diamètre intérieur et 80 millimètres d'épaisseur ; il est muni dans le bas d'un renflement et d'un presse-étoupes pour le passage de la tige.

Pour arriver dans l'espace annulaire *c*, ménagé entre celle-ci et le cylindre, l'eau des accumulateurs, on a fait venir de fonte, à l'intérieur de la tige elle-même, un renflement dont la cavité cylindrique B forme le prolongement du tuyau *b* et le débouche dans l'espace annulaire au-dessous du piston.

Le bas du cylindre porte extérieurement deux autres renflements qui forment une gorge circulaire dans laquelle est logé le plateau de fonte servant de fond à la caisse de charge. Ce plateau est en deux pièces assemblées avec des boulons.

La caisse est formée par un cylindre en tôle de 8 millimètres d'épaisseur ; elle a 2m,352 de diamètre et 3m,25 de hauteur.

Elle est maintenue dans le haut par un support en fonte dont les deux bras sont munis à leurs extrémités de glissières EE ; celles-ci coulissent dans deux guides en fonte de 3m,45 de longueur, scellés dans la maçonnerie.

Trois châssis en chêne superposés forment, au pied de la tige, un appui, de 1 mètre de hauteur, sur lequel la caisse de charge repose quand elle est au bas de sa course.

Outre le fonctionnement de la balance hydrostatique formée par la presse

Digitized by Google

centrale et le récupérateur, la manœuvre de pont exige quelques opérations accessoires : remonter la caisse de charge au haut de sa course; descendre ou

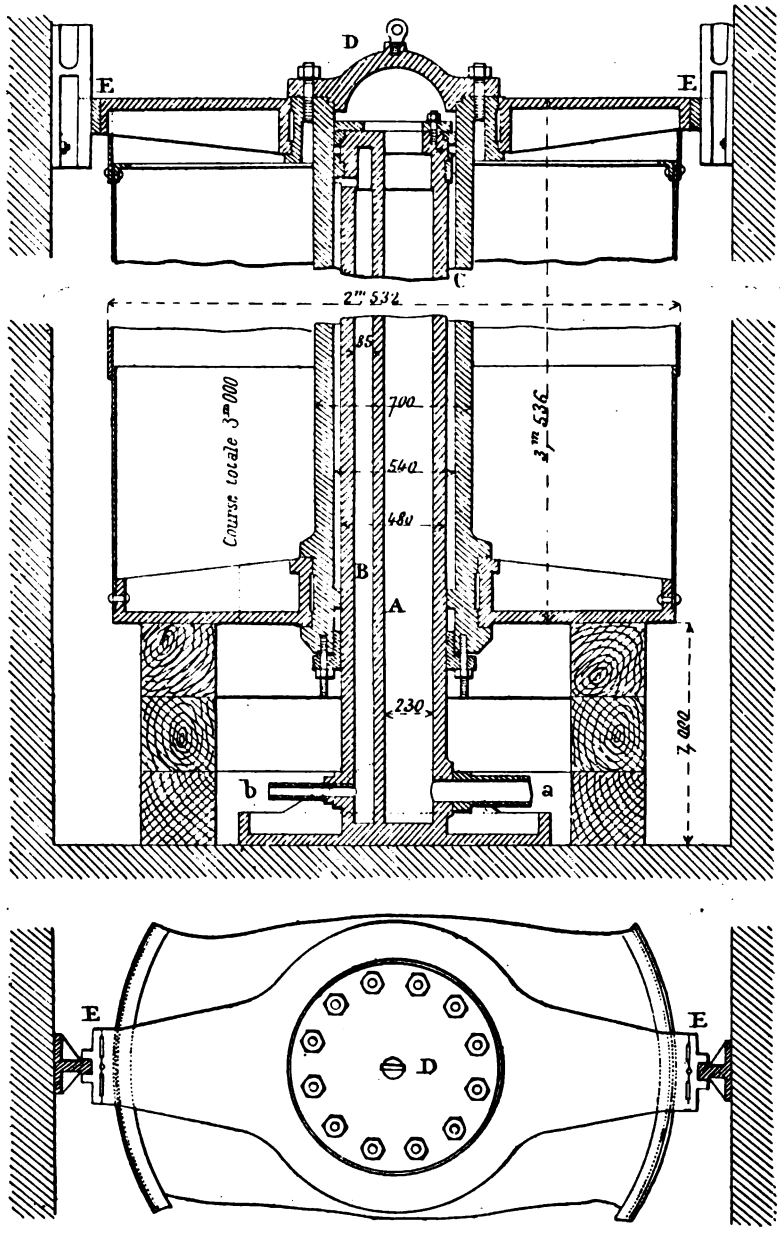


Fig. 4. — Coupe verticale et plan du récupérateur.

soulever séparément le chevêtre ou le plongeur de la presse centrale. Ces opé-

Digitized by Google

rations s'exécutent avec l'eau des accumulateurs, et l'appareil de distribution placé en *a* (fig. 2, pl. 61-62) dans le pavillon de manœuvre.

Voir figures 12 et 15 de la planche 63-64.

L'appareil est formé d'un corps en fonte porté sur une petite colonne (fig. 12 et 14) et sur lequel quatre conduites verticales établissent les communications suivantes :

m (fig. 14) tuyau d'arrivée de l'eau sous pression dans le distributeur :

n (fig. 14) tuyau d'évacuation du distributeur sur la conduite générale de retour.

o (fig. 13) Tuyau aboutissant à la capacité annulaire du récupérateur; ce tuyau, indiqué en *b*, est prolongé par le conduit vertical B, ménagé dans la tige du piston.

p. Tuyau aboutissant à la conduite de communication entre la presse centrale et le récupérateur, conduite indiquée en *a* sur la fig. 2, (p. 61-62) et sur la figure du texte. La conduite *a* est en outre reliée avec le tuyau de retour *n* par un branchement fermé au moyen d'une soupape de sûreté *e* (fig. 2) qui limite à 38 atmosphères la pression dans le récupérateur et la presse de soulèvement.

Les soupapes de distribution sont au nombre de six, indiquées sur les figures de la façon suivante :

r. Volant servant à manœuvrer la soupape d'admission de l'eau sous pression dans le distributeur (fig. 14 et 15, pl. 63-64);

s. Volant pour manœuvrer la soupape de communication entre le distributeur et la conduite de retour (fig. 14 et 15);

t. Soupape d'arrêt pour isoler la capacité annulaire du récupérateur de l'appareil de distribution (fig. 13 et 15);

u. Soupape d'arrêt pour isoler la presse centrale et le récupérateur de l'appareil de distribution (fig. 13 et 15);

v. Soupape servant à introduire l'eau sous pression dans la presse centrale et le cylindre récupérateur (fig. 14 et 15);

x. Soupape servant à mettre la presse centrale et le cylindre du récupérateur en communication avec la conduite de retour (fig. 14 et 15);

y. Tuyau recourbé à travers lequel s'établissent les communications réglées par les soupapes *v* et *x* (fig. 12, 13, 14, 15);

z. Purgeur d'air (fig. 12, 13 et 15);

Galets de roulement. — Les galets sont de deux sortes :

Les galets fixes MM (fig. 1 et 2, pl. 61-62) qui supportent l'extremité de la culée, sont représentés en détail par les figures 2, 3, 4, 9 et 10 de la pl. 63-64; ces rouleaux sont portés par les deux flasques NN d'un balancier qui est soutenu lui-même par un support en fonte R. Le support est encastré et claveté sur une

Digitized by Google

plaque en fonte scellée dans la maçonnerie ; les axes des rouleaux et du balancier sont en acier forgé.

Les oscillations du balancier sont limitées et amorties par quatre tampons à ressort QQ, composés chacun de quatre paires de rondelles en acier.

Les galets mobiles (fig. 2 à 8, pl. 63-64) diffèrent des précédents en ce que les supports des balanciers peuvent glisser sur une chaîne en fonte, sous l'action d'une presse hydraulique à double effet V, manœuvrée à l'aide d'un seul tiroir de distribution *b* placé dans le pavillon de manœuvre (fig. 2, pl. 61-62).

Pour amener les galets sous le pont, on fait arriver l'eau sous pression dan l'espace annulaire compris entre le cylindre et la tige de piston, tandis que l'eau qui se trouve de l'autre côté du même piston est refoulée à l'évacuation.

Pour le mouvement inverse, l'eau sous pression agit en même temps sur les deux faces du piston, la section de ce dernier est double de celle de la tige et par conséquent de l'espace annulaire, de sorte que la force développée est la même pour les deux mouvements.

Les mouvements de translation du pont sont limités aux extrémités par des tampons de butée, armés de forts ressorts et enfermés dans des caisses prismatiques en fonte, solidement encastrées et boulonnées dans la maçonnerie. Du côté de la volée, les tampons sont constitués par des galets sur lesquels les extrémités verticales des fermes roulent sans effort lorsqu'on soulève le pont.

Le prix de revient d'un pont roulant y compris le chevêtre, la presse de soulèvement, les galets, les presses de translation, le récupérateur, les appareils de translation et le tuyautage afférent à tous les engins, mais non compris le tuyautage général allant à l'accumulateur, se décompose de la façon suivante :

Pont y compris le lest.	35.000	francs.
Chevêtre	12.000	—
Presse de soulèvement	15.000	—
Appareils de translation du pont	15.000	—
Galets	47.000	—
Butées extrêmes	2.000	—
Récupérateur.	21.000	—
Appareils de distribution et tuyautage aux abords	3.000	—
Total. . . .	200.000	francs.

Le marché était divisé par articles, pour chacun desquels le prix était fixé à forfait.

Le projet du pont a été dressé et exécuté par M. Robert, Ingénieur des Ponts et Chaussées, sous la direction de M. Mengin, Ingénieur en chef.

Digitized by Google

Poids des principales pièces du pont.

NATURE DES OUVRAGES	POIDS partiels	POIDS totaux
Pont.	kilogrammes.	kilogrammes.
Fers du pont comprenant fermes, pièces de pont, etc.	120.000	
Bois (40 mètres cubes).	26.000	181.500
Lest en fonte.	35.500	
Chevêtre et deux presses de translation.		
Chevêtre.	14.000	
Sommiers et glissières de chevêtre.	4.800	31.300
Presse de translation du pont	12.500	
Presse de soulèvement.		
Chaise en fonte.	1.800	
Cylindre de la presse.	12.000	18.800
Piston plongeur.	5.000	
Deux galets fixes.		
Bâtis (2 × 1.100).	2.200	
Supports et balanciers (2 × 3.800).	7.600	14.200
Galets (2 × 2.200).	4.400	
Quatre galets mobiles.		
Bâtis (4 × 1.700)	6.800	
Supports et balanciers (4 × 3.800).	15.200	32.400
Galets (4 × 2.200).	8.800	
Presses de translation (4 × 400).	1.600	
Récupérateurs.		
Caisse de charge et lest.	45.000	
Cylindre.	5.500	55.300
Piston plongeur.	4.800	
Appareils de distribution		
Comprenant les appareils proprement dits, le tuyautage dans le pavillon de manœuvre et aux abords, etc.	4.000	4.000
Total. . . .	. . . .	337.500

Digitized by Google

Siphons-déversoirs du bassin de St-Christophe

(CANAL DE MARSEILLE)

Description générale. — Pour la décantation des eaux dérivées de la Durance, plusieurs bassins ont été établis sur le parcours du canal qui alimente la ville de Marseille.

Nous allons examiner ici le bassin de Saint-Christophe pour ses siphons-déversoirs.

Ce bassin est situé sur la rive gauche de la Durance, à la sortie de la vallée de Rognes, que ferme un barrage de 170 mètres de longueur; la superficie du bassin est de 19 hectares; sa plus grande profondeur de $2^m,49$ et son périmètre de 2205 mètres, déduction faite de la longueur du barrage. (Voir le plan ci-joint.)

L'eau est amenée dans le bassin par un aqueduc maçonné, dont le radier à la sortie est à $2^m,50$ au-dessus des vannes de fond. Elle abandonne son limon en remontant lentement et elle se déverse dans le canal par des vannettes en tôle de 50 centimètres de largeur.

Ces vanettes sont au nombre de 998, dont 420 seulement servent au déversement et les autres au dévasement.

Pour procéder au nettoyage du bassin, pendant que l'eau arrive directement dans le canal de ceinture, on ouvre les vannes de fond, une partie du limon est emportée par la vidange; pour le reste, on opère des chasses en levant successivement les vannettes auxquelles correspondent des rigoles sillonnant le fond du bassin.

La surface des eaux d'orage qui s'égouttent dans le bassin de Saint-Christophe est de 1866 hectares. Les orages, très violents dans le Midi, peuvent donner en une heure une hauteur quelquefois supérieure à 4 centimètres. Ce qui a du reste été prouvé par l'expérience. En admettant que, grâce à la nature calcaire des roches, les deux tiers de l'eau tombée soient absorbés, on trouve que le bassin de Saint-Christophe peut recevoir, en temps d'orage, par le ravin de Rognes, jusqu'à 71 mètres cubes par seconde.

La concession du canal de Marseille avait été fixée à 9 mètres cubes, mais en réalité son débit s'élève en été à 12 mètres cubes et quelquefois même à 14 mètres cubes, son plan d'eau ne diffère alors que de quelques centimètres du dessus des berges.

Digitized by Google

Or, avec une lame déversante de 611 mètres, ainsi qu'il était prévu, un relèvement de 1 millimètre dans le bassin correspondrait à un relèvement de 4 centimètres dans le canal. Mais, par suite de la faible capacité de ce bassin

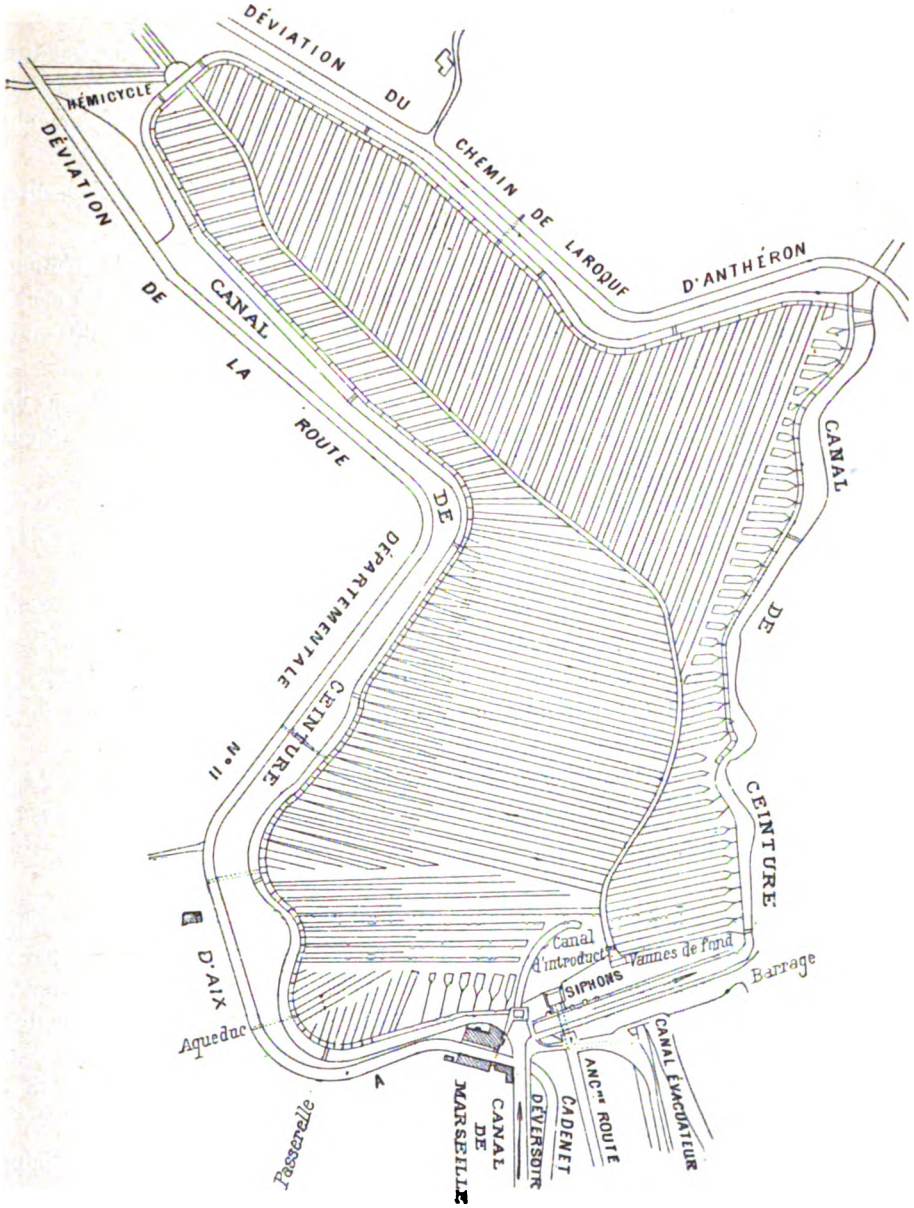


Fig. 1. — Plan du Bassin de Saint-Christophe

Digitized by Google

(1 900 000 cubes environ), on est obligé de recueillir les eaux le plus loin possible de leur introduction et la lame déversante a été réduite à 235 mètres correspondant à 420 vannettes.

Indépendamment de l'irruption des eaux d'orage, il faut tenir compte aussi des crues subites de la Durance.

Il eut été impossible d'établir un déversoir de superficie suffisamment étendue, et en tout cas, un niveau invariable n'aurait permis de régler que les eaux du service d'été, tandis qu'il faut aussi régler les eaux du service d'hiver, lorsqu'il n'y a plus d'arrosages.

Pour toutes ces raisons, on a été amené à l'adoption de siphons-déversoirs, avec amorceurs et désamorceurs automatiques à niveau variable.

C'est à M. Hirsch, ingénieur des Ponts et Chaussées, qu'est due la création, en 1865, des siphons-déversoirs avec amorceurs automatiques, réglant à moins de 5 centimètres le niveau d'un réservoir établi à Mittersheim, pour l'alimentation du canal des houillères de la Sarre.

Les siphons du bassin de Saint-Christophe sont une reproduction de ceux de Mittersheim, mais à une plus grande échelle et avec des modifications particulières dans l'amorcement et le désamorcement.

Pour rendre l'amorcement plus rapide, on a substitué au petit siphon latéral de Mittersheim un amorceur à tuyère débouchant à l'air libre (fig. 1 et 8, pl. 61-62).

Ce genre d'amorceur a conduit à l'emploi d'un désamorceur.

L'amorceur-éjecteur fonctionne aussitôt que l'eau atteint le plan de régulation (fig. 6, pl. 67-68); mais l'entraînement de l'air contenu dans le siphon et, par suite l'amorcement, ne se produit qu'autant que l'eau déverse en même temps par dessus le bord de l'entonnoir du désamorceur; le débit est maximum lorsqu'il ne rentre plus d'air.

Inversement, le désamorcement se produit aussitôt que le niveau de l'eau descend jusqu'au bord de l'entonnoir et que le désamorceur ne laisse plus rentrer que de l'air.

Siphons. — Les siphons formant l'appareil-régulateur du bassin sont deux gros cylindres en fonte de $1^m,10$ de diamètre intérieur contournés de façon à former une espèce de boucle en trois parties, contenus dans trois plans verticaux faisant entre eux des angles de 17 degrés; les branches ascendantes débouchent dans le bassin à $4^m,50$ au-dessous de la retenue; les branches descendantes débouchent chacune dans un canal de fuite, dans lequel leur orifice est maintenu constamment noyé à l'aide de petits barrages.

La longueur développée d'un siphon est de $29^m,30$; les rayons de courbure sur l'axe sont de $2^m,50$ et $3^m,20$.

Les tuyaux droits ont 25 millimètres d'épaisseur; les tuyaux courbes 30 millimètres.

Digitized by Google

Chacun des tuyaux supérieurs porte une tubulure sur laquelle est fixé un robinet à cuve mettant les siphons en communication avec les amorceurs et les désamorceurs.

Amorceur. — C'est un tube recourbé en forme d'⌊⌋ à branches inégales, la plus courte se termine au niveau de la retenue par une tête mobile en forme d'entonnoir (fig. 6 et 7, pl. 67-68); l'autre branche remonte jusqu'au sommet du

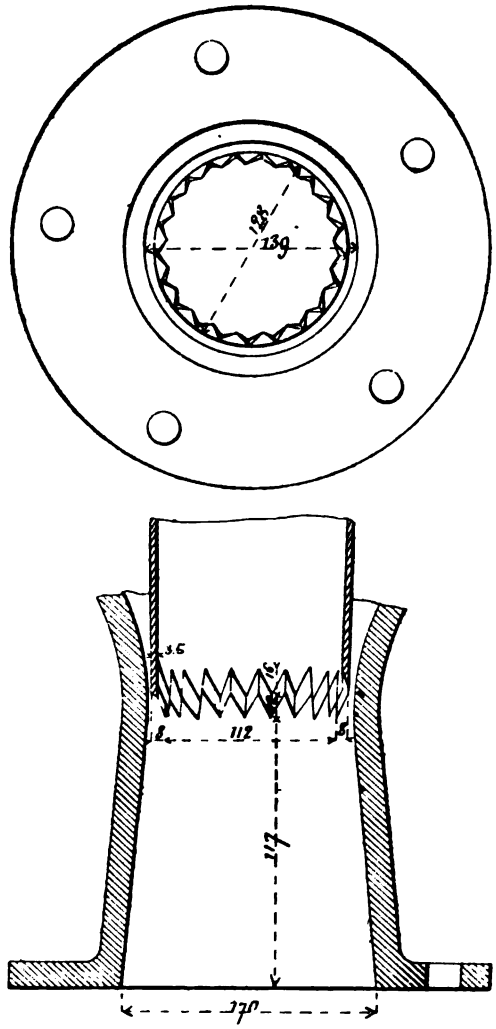


Fig. 2. — Coupe et plan par-dessous de l'extrémité d'une tuyère

siphon, où elle se trouve reliée au tuyau d'aspiration de l'amorceur et du siphon lui-même par un robinet commun aux deux appareils et surmontant un tube qui traverse diamétralement le tuyau supérieur du siphon (fig. 5, pl. 6).

Digitized by Google

La partie inférieure de l'amorceur est fixe, la partie supérieure est mobile.

Le tuyau formant la partie inférieure traverse la maçonnerie du barrage, au-dessous duquel il présente un renflement ovoïde qui sert de chambre pour la tuyère.

La chambre de la tuyère est terminée dans le bas par une tubulure évasée sur laquelle est fixé le tuyau d'évacuation.

La tuyère de l'amorceur est formée d'un tube en bronze de 92 centimètres de longueur, légèrement conique, avec un diamètre intérieur de 177 millimètres à l'origine et de 128 millimètres à l'extrémité inférieure ; celle-ci est dentelée, comme l'indique la figure 8, planche 67-68, et les dents, au nombre de 21, sont renvoyées à l'intérieur d'une façon très régulière (figures ci-jointes). Cette disposition a été adoptée pour obtenir une forte aspiration.

La partie mobile de l'amorceur se compose de deux tuyaux assemblés au moyen de brides ; le tuyau inférieur, de 20 centimètres de diamètre, est en bronze et tourné extérieurement ; il pénètre dans le tuyau fixe à travers un joint dont l'étanchéité est assurée à l'aide d'une bague en cuir embouti.

Le tuyau supérieur, en fonte, est recourbé dans le haut à angle droit et se termine par une tête très largement évasée, ouverte suivant une portion de couronne circulaire située dans un plan incliné sur l'horizon (fig. 6 et 7, pl. 67-68). Cette tête est munie d'un renifleur ; enfin elle porte au sommet deux nervures entre lesquelles est fixée une tige en fer, méplate, qui traverse la voûte et se termine par une partie filetée ; un écrou reposant sur un pied en fonte sert à élever ou à abaisser la partie mobile de l'amorceur quand on veut faire varier le plan de régulation.

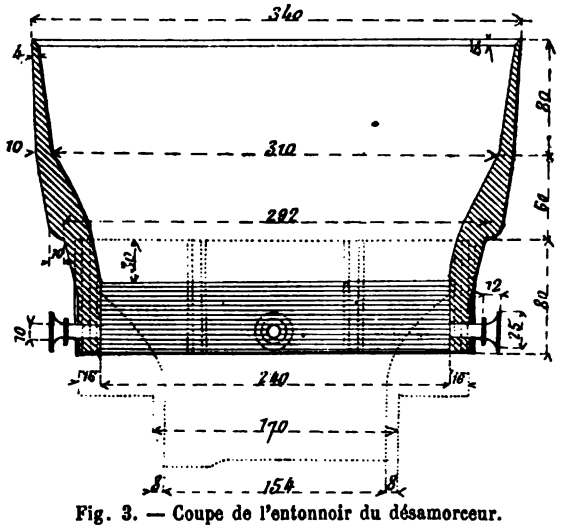


Fig. 3. — Coupe de l'entonnoir du désamorceur.

Désamorceur. — Comme l'amorceur, le désamorceur comprend entre la partie fixe une partie mobile solidaire de la tête de l'amorceur.

Digitized by Google

La partie fixe, qui est en forme d'⌊⌋ est composée de deux tuyaux en fonte scellés ou noyés dans la maçonnerie ; la grande branche de l'⌊⌋ remonte vers le sommet du siphon et se termine par un tuyau de raccordement en cuivre, légèrement conique, dont l'extrémité est assemblée avec le robinet à cuve. La petite branche, de 19 centimètres de diamètre intérieur, se termine par un joint étanche à travers lequel coulisse la partie mobile.

La partie mobile se compose d'un tube en bronze, tourné, de 154 millimètres de diamètre intérieur, sur le sommet duquel est vissé un entonnoir mobile en bronze qui forme la tête du désamorceur ; cet entonnoir est représenté en coupe par la figure ci-jointe.

Cette disposition permet d'ajuster le bord de l'entonnoir à la hauteur convenable par rapport au plan de régulation. L'entonnoir est maintenu en place par des vis d'arrêt.

La solidarité entre l'amorceur et le désamorceur est assurée au moyen de deux brides jumelles fortement boulonnées reliant les parties mobiles.

Pavillon des siphons. — Les deux siphons sont contenus dans une construction en saillie sur le talus, en dedans du barrage (voir la figure 4) ; l'intérieur de cette construction constitue un puits voûté, de section rectangulaire de 8 mètres sur 6^{m},20 ; leurs orifices supérieurs, distants de 1^{m},70 d'axe en axe,

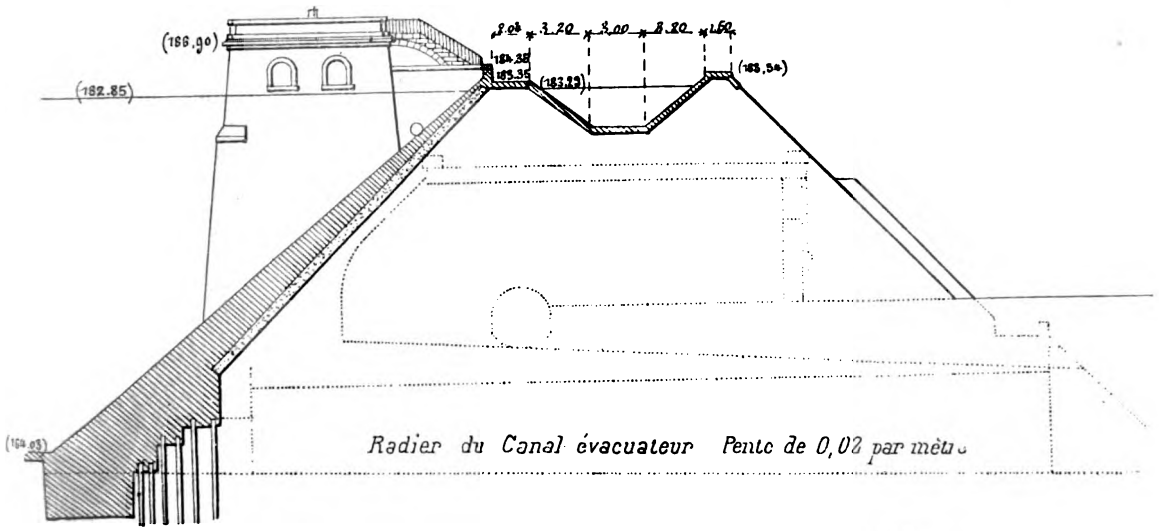


Fig. 4. — Coupe transversale du Barrage, Elévation latérale du Pavillon des Siphons.

sont encastrés dans le mur de face de la chambre ; les orifices inférieurs dont les axes sont à 4^{m},729 d'écartement, sont noyés dans la maçonnerie du barrage. Les siphons sont en outre épaulés, chacun par deux sommiers contre les parois

Digitized by Google

de la chambre et au sommet par deux vérins butant contre l'intrados de la voûte qui recouvre la chambre.

Pour compléter la rigidité du système, on a rendu les siphons solidaires au moyen de trois tirants reliant des colliers posés, à chaud, sur les tuyaux et sur les tubulures du sommet.

L'intérieur de la chambre est mis en communication avec le bassin par deux aqueducs ayant chacun une section de $3^{mq},45$, destinés à restituer l'eau absorbée par les amorceurs ou les désamorceurs. Mais leur radier établi à $8^{m},20$ au-dessus de la retenue moyenne n'amène que les eaux du fond, qui sont parfois très chargées de limon, au point de ralentir l'alimentation et de provoquer entre les niveaux extérieur et intérieur une différence de quelques centimètres. Pour remédier à cet inconvénient on établit une troisième communication entre le puits et les eaux superficielles du bassin au moyen d'un tuyau de 60 centimètres de diamètre situé seulement à $1^{m},85$ au-dessous du niveau de la retenue. Ce tuyau traverse une des parois latérales du puits, dans le recoin le plus abrité du mistral et le moins atteint par les vagues (fig. 4, pl. 67-68). En outre, pour débarrasser les aqueducs des vases qui pourraient s'y accumuler, on a disposé sur le radier de chacun d'eux un tuyau horizontal de 60 centimètres de diamètre, bifurqué autour des siphons. Les tuyaux traversent le barrage et aboutissent, dans le tunnel dont il sera parlé plus loin, à deux robinets-vannes que l'on manœuvre périodiquement.

Le puits est mis en communication avec la portion du canal de ceinture qui surmonte le barrage, ils sont commandés par deux paires de vannes et servent au nettoyage.

Les murs du puits sont contrebutés par deux traverses voûtées qui se croisent l'une au-dessus de l'autre; la plus basse soutient les parties horizontales des siphons; la plus élevée supporte les amorceurs et les désamorceurs.

Deux baies (fig. 1, pl. 67-68) de $2^{mq},132$ de section sont pratiquées dans l'un des murs, au-dessus des plus hautes eaux et à l'abri du mistral. Elles servent à renouveler à l'intérieur du puits l'énorme quantité d'air aspiré par les désamorceurs.

Deux galeries métalliques à claire-voie, installées le long des parois du puits, permettent d'observer le fonctionnement des appareils ; on y accède par des échelles en fer aboutissant à des trous d'homme (*c c* du plan ci-joint et fig. 3, pl. 67-68).

Les embouchures des siphons, logées dans le mur de face du puits, sont réunies dans un pavillon en pierre de taille dont la paroi supérieure est coupée à angle droit, tandis que celles du bas et des côtés sont évasées (pl. 67-68), afin de faciliter l'entrée de l'eau, en évitant les trombes d'air qui pourraient diminuer le débit des appareils.

La plate-forme supérieure domine le couronnement du barrage, auquel la relie

Digitized by Google

un escalier ; elle porte les deux appareils de levage (*b b*) qui servent à régler la position des têtes jumelées des amorceurs et des désamorceurs.

Deux regards circulaires (*a a*) sont ouverts dans cette plate-forme à l'aplomb des robinets à cuve ; chacun d'eux contient un secteur traversé par l'axe du robinet (fig. 5, pl. 67-68); un index frappé sur ce dernier permet de reconnaître si les communications sont ouvertes ou fermées. Les regards sont munis de rondelles en verre épais percées, au milieu, d'un trou pour le passage des clés de manœuvre.

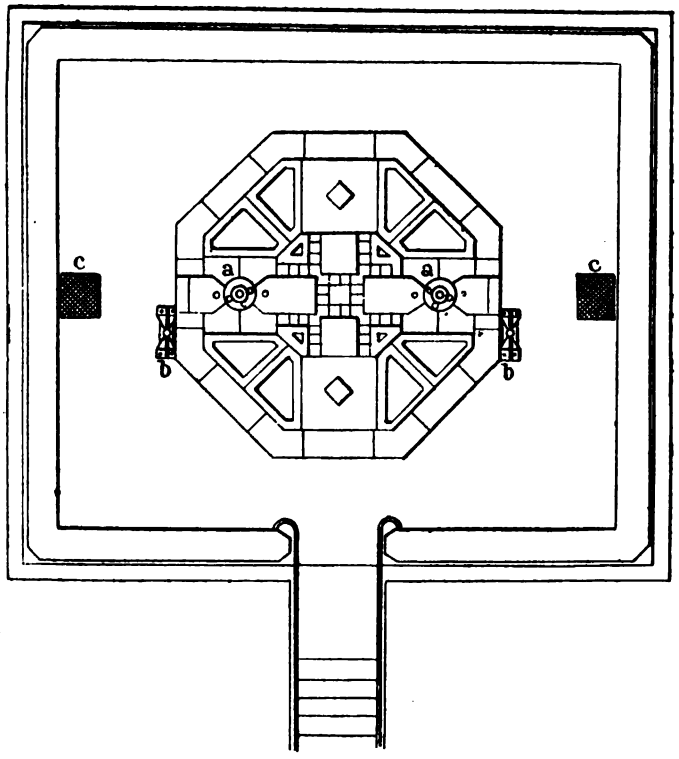


Fig. 5. — Plan de la plate-forme du pavillon des Siphons.

Les extrémités inférieures des siphons débouchent dans une sorte de tunnel qui correspond au passage d'une ancienne route sous la levée de Saint-Christophe, alors que cette levée ne supportait que le canal de Marseille.

Ce tunnel, de 8 mètres de largeur, est voûté en plein cintre, du côté du bassin, il est fermé par ce talus en maçonnerie du barrage, qui constitue en même temps le fond du puits.

Ce talus est porté par deux voûtes rampantes de $3^{m},25$ de diamètre, appuyées d'une part sur les pieddroits de l'ancienne voûte et d'autre part sur un pilier de $1^{m},50$ d'épaisseur.

Digitized by Google

Les petits bassins qui maintiennent noyés les orifices inférieurs des siphons sont établis de chaque côté de ce pilier.

L'autre extrémité du tunnel a été formée par un mur formant façade : ce mur est percé de deux fenêtres et d'une grande porte.

Fonctionnement des appareils. — Lorsque l'eau du puits contenant les siphons atteint le niveau du col de l'amorceur, elle affleure en même temps le bord extérieur de l'orifice ; l'écoulement dans l'amorceur se produit immédiatement à plein tuyau.

L'occlusion est tellement complète que l'aspiration produite par cet écoulement provoquait autour de l'orifice une montée passagère du liquide sur 2 centimètres de hauteur, quand la tête de l'amorceur n'était pas munie du renifleur.

Lorsque le niveau de l'eau atteint le plan de régulation, l'amorceur fonctionne et aspire l'air du siphon ; mais tant que ce niveau n'atteint pas le bord de l'entonnoir, l'air enlevé est restitué par le désamorceur.

Lorsque le niveau de l'eau dépasse, même très peu, le bord de l'entonnoir, le désamorceur laisse rentrer à la fois de l'eau et de l'air ; l'eau ainsi introduite s'accumule au fond du tube en U, bouche le désamorceur, et le vide se produit dans les siphons ; l'amorcement complet est obtenu en quarante secondes avec l'un des siphons et en trente cinq secondes avec l'autre.

Tant que l'air continue à passer par le désamorceur, la diminution de pression dans le siphon et, par suite, le débit en eau, varient dans des limites très étendues, alors que la hauteur d'eau sur l'entonnoir varie très peu.

Dès que cette hauteur atteint 3 millimètres, il ne rentre plus que de l'eau et le débit s'élève à 6 mètres cubes par seconde et par appareil ; si l'eau continue à monter, le débit augmente encore et atteint jusqu'à 8 mètres cubes.

Ce dernier chiffre est aussi celui que l'on obtient quand on ferme le robinet supérieur pour interrompre la communication avec le désamorceur pendant le fonctionnement du siphon.

Inversement, quand le niveau de l'eau du puits s'abaisse et atteint le bord de l'entonnoir, il ne rentre plus dans le siphon que de l'air qui est appelé très énergiquement par le mouvement même de l'eau et qui, débité au sein de la masse liquide par les trois ouvertures du tube diamétral (fig. 5, pl. 67-68) produit le désamorcement du siphon ; ce résultat est obtenu en cinquante cinq secondes pour le premier siphon et en quarante secondes pour le deuxième.

Le désamorceur, dès que l'eau dépasse un peu l'entonnoir, fonctionne pendant quelques secondes différentiellement, c'est-à-dire avec oscillation d'un petit volume d'eau dans le tube en U ; l'appareil produit alors des aspirations cadencées que l'on entend parfaitement du logement des gardiens.

Dès que le siphon est amorcé en grand, le bruit augmente et devient continu ; il arrive un maximum d'intensité quand le désamorceur aspire de l'air, après l'amorcement en grand.

Digitized by Google

MATÉRIAUX	NOMBRE DE PIÈCES	MATIÈRE EMPLOYÉE	POIDS	PRIX DE L'UNITÉ	DÉPENSES PARTIELLES	DÉPENSES TOTALES
			kilogr	francs	fr. c.	fr. c.
SIPHONS						
Tuyaux droits	6	Fonte (1re fusion)	15930,000	0,20	3186,00	12860,10
Tuyaux courbes	10	—	26726,000	0,35	9354,10	
Dressage des joints	4	—	»	80,00	320,00	
AMORCEURS						
Têtes : Tuyaux droits	2	Fonte (2e fusion)	3881,000	0,34	1319,54	6009,76
Têtes : Chambres d'appel	2	—	3497,000	0,50	1748,50	
Tuyères et tuyaux mobiles	4	Bronze	364,300	5,50	2003,65	
Treuil de manœuvre	2	Fer forgé	446,700	2,10	938,07	
DÉSAMORCEURS						
Tuyaux droits	»	Fonte (2e fusion)	485,000	0,33	160,05	2116,65
Tuyaux courbes	»	—	335,000	1,00	335,00	
Colliers de solidarisation	2	—	212,000	0,65	137,80	
Entonnoirs et tuyaux mobiles	4	Bronze	173,300	6,00	1039,80	
Tuyaux de raccord sur le robinet	2	Cuivre rouge	111,000	4,00	444,00	
DIVERS						
Robinets à cuve	2	Bronze	153,000	6,00	918,00	918,00

Digitized by Google

Les trois phases sont parfaitement distinctes, de sorte que ce sont les siphons eux-mêmes qui servent d'avertisseurs pour les gardiens.

Dans le cas exceptionnel où les orages amènent dans le bassin plus d'eau que les siphons n'en peuvent débiter, on doit évacuer l'excédent en manœuvrant les vannes de fond et les robinets-vannes.

Mode d'exécution des ouvrages. — Le puits des siphons, les voûtes rampantes et le revêtement du barrage sont exécutés en moellons ordinaires.

La pierre de taille (mollasse coquillière) a été employée pour l'embouchure des siphons, les traverses voûtées à l'intérieur du puits et du tunnel, le revêtement de l'émissaire d'évacuation, les petits barrages inférieurs et la voûte qui supporte l'escalier d'accès à la plate-forme ; les escaliers sont en calcaire dur ; le mortier est exclusivement de chaux hydraulique.

Les maçonneries et le montage des appareils ont été effectués en régie en même temps que les travaux d'achèvement du bassin.

Le premier siphon a été mis en marche le 31 mai 1883 et le second le 16 juin suivant.

Les travaux ont été projetés et dirigés par MM. Stœcklin, ingénieur en chef et Ribaucour, ingénieur ordinaire.

FLAMANT,

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

89077801108
B89077801108A